

Nicodemo C. Jamanca Gonzáles
Sarela Alfaro Cruz

Antioxidantes en los alimentos

Serie Notas de Clases

Editorial UNAB

Universidad Nacional de Barranca

Comisión Organizadora

Inés Miriam Gárate Camacho
Presidenta

Tarcila Cruz Sánchez
Vicepresidenta Académica

Luis Enrique Carrillo Díaz
Vicepresidente de Investigación

Dirección General de Investigación

Elizabeth Del Pilar Paredes Cruz
Directora

Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias

Nicodemo Crescencio Jamanca Gonzáles
Director

Oficina de Publicaciones Científicas

Hernán Verde Luján
Jefe

2017

Editorial UNAB

Nicodemo Crescencio Jamanca Gonzáles¹
Sarela Alfaro Cruz

Serie Notas de Clases

Ediciones UNAB

©Ediciones UNAB 2017

Esta obra está sujeta a derechos de autor. Todos los derechos están reservados por el editor, ya sea total o parcialmente; específicamente los derechos de traducción, reimpresión, la reutilización de las ilustraciones, la adaptación electrónica, software, o cualquier forma no conocida ahora y desarrollada en el futuro. Quedan exentos de esta prohibición, las acciones dadas por el comprador de esta obra, para uso académico y actividades de divulgación científica.

¹Profesores de la Escuela de Ingeniería en Industrias Alimentarias
Universidad Nacional de Barranca
Lima, Perú

Serie

Notas de Clases

Si un país es regido por los principios de la razón, la pobreza y la miseria son objetos de vergüenza. Si un país no es regido por los principios de la razón, la riqueza y las honras son objetos de vergüenza.

Confucio (Siglo V a.c)

Prefacio

El anhelo innato de todo profesional es posterior a sus experiencias profesionales, poder plasmar sus conocimientos y que estas puedan servir en la formación de nuevos y mejores profesionales. En esa óptica queremos aportar a través de la redacción del presente texto, la divulgación del amplio campo de la ciencia de los alimentos, contribuyendo al conocimiento profundo de las características físicas, químicas y microbiológicas de los mismos.

En esta oportunidad permítannos poner a su disposición el texto relacionado a brindar los conocimientos básicos y esenciales sobre un tema importante que está relacionada a la calidad de vida, ese deseo permanente de vivir más y mejor protegido. En este contexto abordaremos el tema de los *“Antioxidantes en los alimentos”*, ese grupo maravilloso de sustancias químicas sintetizados por el organismo, pero sobre todo presentes en los alimentos de manera natural o sintética que les permite protegerse de los factores de deterioro y conservar su calidad; y por otro lado su consumo influyen de manera directa en los consumidores previniendo muchas enfermedades que a la larga provocan el envejecimiento. Una alimentación antioxidante conforma la base de una buena salud.

Para la consolidación de este documento, se ha recurrido a revisiones bibliográficas del tema y a muchos trabajos de investigación, con el interés de contribuir a una vida saludable.

Esperamos con este trabajo contribuir al estudio en su verdadera dimensión de estos compuestos presentes en los alimentos y su difusión en la comunidad universitaria.

Los autores

Introducción

Actualmente existe una gran tendencia hacia la búsqueda de productos que permitan mayores beneficios para la salud humana. En ese contexto es importante considerar a un grupo de sustancias que se encuentran de manera natural en los alimentos, principalmente frutas y hortalizas. Asimismo según las recientes investigaciones en el campo alimentario se está ampliando esta gama de productos, y muchos de ellos están siendo producidos de manera artificial.

Los antioxidantes son sustancias que el organismo sintetiza de forma natural o que se encuentran en los alimentos. Son opuestos a los oxidantes, a los que se relaciona con muchas enfermedades. Una alimentación antioxidante conforma la base de la salud, influenciando de manera directa en la salud del consumidor.

Cada vez existe una cultura por saber que sustancias son las que consumimos en nuestras dietas diarias, muchas de ellas con nombres complejos por su origen químico y otras de manera simplificada con la intención de saber sus verdaderas funciones que cumplen en su organismo.

Contribuyendo a esa necesidad de saber más sobre las muchas sustancias que encontramos en los alimentos y sus funciones vitales que cumplen cada uno de ellos, ponemos a su disposición amigo lector el presente material, que le permitirá conocer más sobre las sustancias llamadas “*antioxidantes*”.

Los autores

Capítulo I

Los Antioxidantes

1. DEFINICIÓN

Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. La oxidación es una reacción química de transferencia de electrones de una sustancia a un agente oxidante. Las reacciones de oxidación pueden producir radicales libres que comienzan reacciones en cadena que dañan las células.



Figura N° 01: Las frutas son importantes fuentes de antioxidantes
Imagen tomada del sitio
<http://www.elecodeitaltenango.com/wp-content/uploads/2013/01/frutas-y-verduras-6.jpg>

Los antioxidantes terminan estas reacciones quitando intermedios del radical libre e inhiben otras reacciones de oxidación oxidándose ellos mismos. Debido a esto es que los antioxidantes son a menudo agentes reductores tales como tioles o polifenoles.

Los antioxidantes son sustancias químicas que estando en concentraciones mucho más bajas que las de cualquier sustrato biológico oxidable, previene o retarda la oxidación de dicho sustrato. Los compuestos antioxidantes poseen una estructura química apropiada para reaccionar fácilmente con un radical libre, tal que, como resultado de dicha interacción, estos últimos pierden su reactividad y los antioxidantes se oxidan convirtiéndose en moléculas notablemente “más estables” hacia su entorno.(Speisky, 2006).

Los antioxidantes son compuestos químicos con capacidad de reaccionar con los radicales libres y así restringir los efectos maléficos al organismo. El cuerpo humano produce algunos antioxidantes endógenos, o estos pueden ser consumidos a través de la dieta. La mayoría de los flavonoides tienen la capacidad de reaccionar

con radicales libres y ejercer funciones antioxidantes en el organismo. (*Paredes, 2007*).

2. HISTORIA

El término antioxidante fue utilizado originalmente para referirse específicamente a un producto químico que previniera el consumo de oxígeno. A finales del siglo XIX y a principios de siglo XX, extensos estudios fueron dedicados a las aplicaciones de antioxidantes en importantes procesos industriales, tales como la prevención de la corrosión del metal, la vulcanización del caucho, y la polimerización de combustibles en la formación de escoria en motores de combustión interna. (*Antioxidants. AnnuRevBiochem* 16: 177–192, citado en wikipedia)

Las primeras investigaciones sobre el rol de los antioxidantes en biología se centraron en su uso en la prevención de la oxidación de grasas insaturadas, que es la causa de la rancidez. La actividad antioxidante podía ser medida simplemente colocando la grasa en un contenedor cerrado con oxígeno y midiendo la tasa de consumo de este. Sin embargo fue la identificación de las vitaminas A, C, y E como antioxidantes la que revolucionó el campo y condujo a dilucidar la importancia de los antioxidantes en la bioquímica de los organismos vivos.

Los posibles mecanismos de acción de los antioxidantes fue investigada por primera vez cuando fue reconocido que una sustancia con actividad antioxidante es probable que sea una que se oxida a sí misma fácilmente. (Moreau and Dufraisie, (1922) *Comptes Rendus des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, 86, 321., citado por Wikipedia, 2014)

La investigación en cómo la vitamina E previene el proceso de peroxidación de lípidos condujo a la identificación de antioxidantes como agentes reductores que previenen reacciones oxidativas, a menudo depurando especies reactivas del oxígeno antes de que puedan dañar las células.

3. TIPOS DE ANTIOXIDANTES

Los antioxidantes no sólo se encuentran en nuestro cuerpo, sino también provienen de los alimentos. La mayoría de los seres vivos dispone de sus propias defensas antioxidantes, y en particular los vegetales.

Los antioxidantes se pueden clasificar considerando su naturaleza y solubilidad.

3.1.POR SU NATURALEZA

Por su naturaleza los antioxidantes pueden ser naturales y sintéticos.

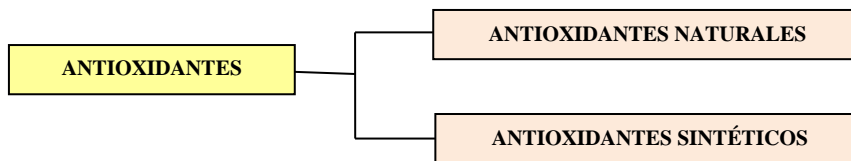


Figura N° 02: Clasificación de los antioxidantes por su naturaleza

a) Antioxidantes naturales

Son las que se encuentran de manera natural en los alimentos principalmente de origen vegetal, siendo estos:

- Vitaminas: Vitamina A, C y E.
- Minerales; Selenio, Zinc y Cobre
- Sustancias fotoquímicas: Polifenoles. (“Alimentación contra el envejecimiento”, Bienestar de los antioxidantes).

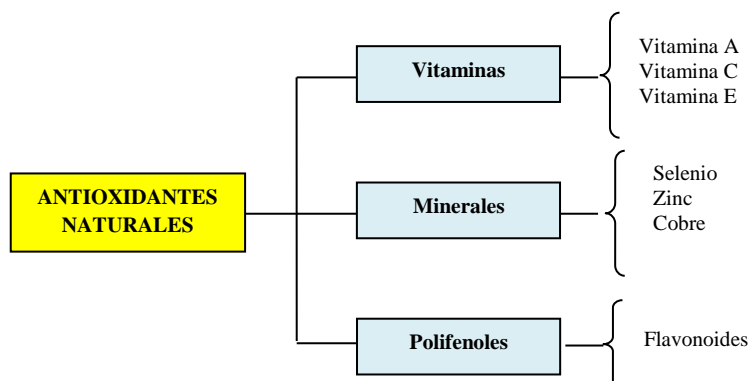


Figura N° 03: Clasificación de los antioxidantes naturales

b) Antioxidantes artificiales o sintéticos

Los antioxidantes artificiales son producidos por síntesis química y usualmente son codificados para su aplicación principalmente en la industria de los alimentos. En el siguiente cuadro se muestra los principales antioxidantes de uso en la industria alimentaria.

Cuadro N° 01: Clasificación de los antioxidantes sintéticos

Nombre	Código	Origen	Uso habitual	Efectos secundarios posibles
Ácido láctico	E 270	Bacteriano	Judías, pepinos, alimentos infantiles, bebidas carbónicas, margarinas ligeras, salsas de ensaladas	Ninguno
Acido L-ascórbico (vitamina C)	E 300	Síntesis artificial	Bebidas de frutas, mermeladas, productos congelados con huevo, papa deshidratadas.	Ninguno en dosis habitual
Ascorbato sódico	E 301	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno en la dosis habitual
Ascorbato cálcico	E 302	Síntesis artificial	Comida preparada	Ninguno
Palmitato de ascorbilo	E 304	Síntesis artificial	Embutidos, extractos de caldo de pollo	Ninguno
Tocoferoles de origen natural	E 306	Extractos de aceite, soja, germen, arroz, germen trigo, maíz, semillas de algodón	Postres preparados, aceites vegetales	Ninguno
Alfa-tocoferol sintético	E 307	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno
Gama – tocoferol sintético	E 308	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno
Delta – tocoferol sintético	E 309	Síntesis artificial	Embutidos	Ninguno
Lecitina	E 322	Habas de soja, maíz, cacahuete, huevo	Postres, crema, yogurt líquido, leche en polvo, chocolate, margarina ligera, pastelería	Ninguno
Lactato de sodio	E 325	Sal sódica del ácido láctico	Queso, dulces	Ninguno
Lactato de potasio	E 326	Sal potásica del ácido láctico	Pasteles rellenos, merengues, empanadas	Ninguno
Lactato de calcio	E 327	Sal sódica del ácido láctico	-	Ninguno
Ácido cítrico	E 330		Frutas, hortalizas en conserva, sopas, helados, pescado, marisco congelado, bollería.	Ninguno
Citrato de sodio	E 331	Síntesis artificial	Queso loncha, helados, bebidas carbónicas, vinos, dulces	Ninguno
Citrato de potasio	E332	Síntesis artificial	Leche condensada y en polvo, queso, nata uperizada y esterilizada, bollería, postres de crema, vino, dulces, bebidas carbónicas, mermeladas light	Ninguno
Citrato de calcio	E 333	Síntesis artificial	Queso, confitería, vino, bebidas carbónicas	Ninguno
Acido L (+) - tartárico	E 334		Confitería, jaleas, mermeladas, bebidas carbónicas	Ninguno
Tartrato de sodio	E 335	Síntesis artificial	-	Ninguno
Tartrato de potasio	E 336		Mermelada, merengue de limón, pasteles variados	Ninguno
Tartrato doble de sodio y potasio	E 337	Síntesis artificial	Derivados de pescados y quesos	Ninguno
Ortofosfato mono, di o tri sódico	E 339 a, b o c	Síntesis artificial	Carne cocida, mantequillas, margarinas, embutidos. Tarta de queso, queso en lonchas o fundido	Ninguno
Ortofosfato mono, di o tri potásico	E 340 a, b o c	Síntesis artificial	Salsas postres, mermeladas, leche de soja en polvo	Ninguno
Ortofosfato mono, di o tri cálcico	E 341 a, b o c	Síntesis artificial	Levadura química, relleno de cereza, pasteles conserva, repostería instantánea	Ninguno
Esteres cítricos de mono y triglicéridos de ácidos grasos	E 472 c	Ácido cítrico natural o idéntico al natural	Salsas instantáneas de repostería	Ninguno
Galato de propilo	E 310	Síntesis artificial	Copos de cereales, chicles, purés de patata instantáneos, aperitivos, grasas y aceites vegetales	Prohibidos en lactantes y niños, dolores de estómago, peligro en asmáticos y alérgicos a la aspirina
Galato de octilo	E 311	Síntesis artificial	Copos de cereales, chicles, purés de patata instantáneos, aperitivos, grasas y aceites vegetales	Prohibidos en lactantes y niños, dolores de estómago, peligro en asmáticos y alérgicos a la aspirina

Galato de dodecilo	E 312	Síntesis artificial	Copos de cereales, chicles, purés de patata instantáneos, aperitivos, grasas y aceites vegetales	Prohibidos en lactantes y niños, dolores de estómago, peligro en asmáticos y alérgicos a la aspirina
Acidoeritóbico	E 315	Síntesis artificial	Carnes en conserva	No se han descrito
Eritorbato sódico	E 316	Síntesis artificial	Carnes en conserva, mermeladas, confituras, jaleas, productos con huevo	No se han descrito
Butilhidroxianisol (BHA)	E 320	Síntesis artificial	Galletas, extracto de caldo de buey, dulces, nueces, arroz aromatizado, pastel de frutas.	Aumento del colesterol. Degradación de vitamina D. prohibido en lactantes y niños.
Butilhidroxitolueno (BHT)	E 321	Síntesis artificial	Chicle	Alergizante (grietas cutáneas). Degradación de la vitamina D. Prohibido en niños y lactantes

Fuente: (Bueno, 2010)

3.2.POR SU SOLUBILIDAD

Los antioxidantes se clasifican de acuerdo a su solubilidad en dos amplios grupos:

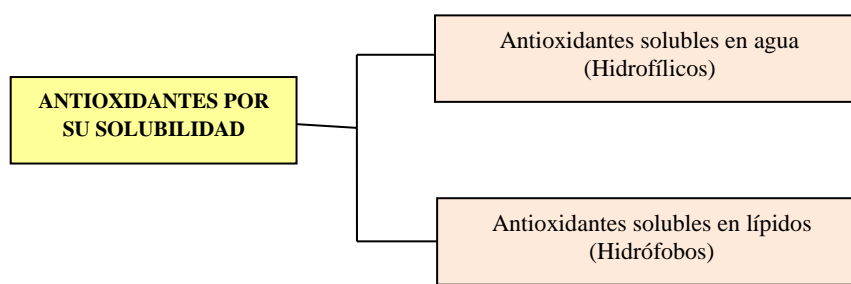


Figura N° 04: Clasificación de los antioxidantes por su solubilidad

a) Solubles en agua

Conocidos como hidrofílicos, Los antioxidantes solubles en agua reaccionan con los oxidantes en el citoplasma celular y el plasma sanguíneo. Como ejemplo tenemos los **carotenos** (pro vitamina A), **ácido ascórbico**.

b) Solubles en lípidos

Conocidos como hidrófobos. Estos antioxidantes liposolubles protegen las membranas de la célula contra la peroxidación de lípidos. Como ejemplo podemos citar a los **tocoferoles** (vitamina E)

3.3.POR SU ORIGEN

Los antioxidantes de acuerdo a su origen pueden ser:

a) Antioxidantes sintetizados por el organismo

Este grupo de compuestos son sintetizados por el cuerpo humano. Los diferentes antioxidantes están presentes en una amplia gama de concentraciones en fluidos corporales y tejidos. Entre estas sustancias tenemos al *glutación* y la *ubiquinona* mayormente presente dentro de las células, mientras que otros tales como el *ácido úrico* se distribuyen más uniformemente a través del cuerpo.

b) Antioxidantes obtenidos de fuentes externas

Este grupo de antioxidantes son asimilados por el organismo a partir de las dietas alimenticias constituidas por los diversos tipos de alimentos.

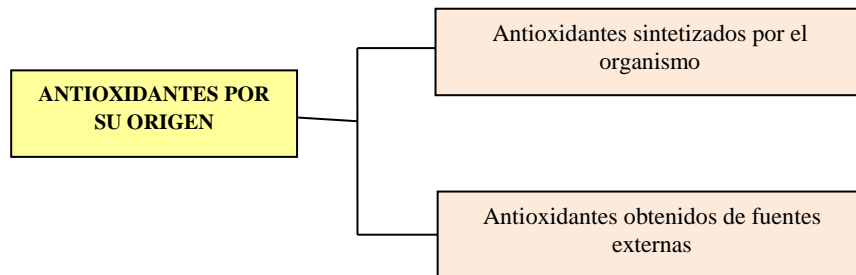


Figura N° 05: Clasificación de los antioxidantes por su origen

Conclusiones

Capítulo I

En el capítulo I se hace referencia al conocimiento de los antioxidantes, partiendo de su definición hasta su clasificación. Los antioxidantes son sustancias que están presentes en los alimentos de manera natural y previenen o retardan el proceso de oxidación. Los antioxidantes tienen la capacidad de reaccionar con los radicales libres evitando los efectos negativos contra el organismo.

Los indicios de su importancia en la Biología se centraron en su uso en la prevención de la oxidación de las grasas, que es causa de la rancidez, sin embargo la identificación de la vitaminas A, C y E como antioxidantes revolucionó el campo de estudio de estas sustancias.

Los antioxidantes se clasifican por su naturaleza en naturales (aquellos que se encuentran de manera natural en los organismos vivos, principalmente vegetal) y sintéticos o artificiales (producidos por síntesis química) y muy utilizada en la industria de los alimentos.

Otra forma de clasificar a los antioxidantes es por su solubilidad, siendo estas hidrosolubles o hidrofílicos y los antioxidantes liposolubles o hidrófobos.

También podemos clasificarla por su origen, siendo antioxidantes sintetizados por el organismo como el glutatión o ubiquinona y los antioxidantes obtenidos por fuentes externas procedentes principalmente de los alimentos.

PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Todos los alimentos contendrán sustancias antioxidantes?
2. ¿Todas las vitaminas cumplirán función antioxidantes en nuestro organismo?
3. ¿La solubilidad de los antioxidantes influirá en su capacidad de absorción y posteriores beneficios para la salud?
4. ¿Serán los radicales libres totalmente dañinos para el organismo?

Capítulo II

Proceso de Oxidación en los Alimentos

1. MECANISMO DE OXIDACIÓN

La oxidación en los alimentos comprende 3 períodos:

Hay un **período de latencia o iniciación** previa a la evidencia clara de ese proceso de oxidación, en el que no podemos detectar a simple vista que un alimento se está oxidando. Por un lado se produce una captación de los rayos ultravioleta de la luz o simplemente del calor, por parte de las grasas contenidas en los alimentos, formándose radicales libres a partir de los ácidos grasos. En el caso de los aceites se da lugar la formación de radicales libres a partir de ácidos grasos insaturados (o de peróxidos lipídicos, llamados también hidroxiperoxidos).



*Figura N° 06: Aceites, alimentos sensibles a la oxidación.
Imagen tomada del sitio
<http://inatal.org/images/noticias/Aceite-oliva.jpg>*

Posteriormente estos radicales libres aceleran el proceso de oxidación dando lugar a lo que llamamos **período de propagación**. Se caracteriza por una cierta acumulación de peróxidos lipídicos. Se crean tantos radicales libres como se consumen. Es la etapa de oxidación de los ácidos grasos insaturados.

El proceso de oxidación continúa mientras queden grasas por oxidarse, produciéndose a su vez algunas sustancias que generan ese olor a rancio característico, constituyéndose el **período de terminación**. En esta etapa los radicales libres provenientes de la descomposición de hidroxiperoxidos, se asocian para formar productos no – radicales (aldehídos, cetonas de bajo peso molecular, responsables del olor a rancio). (Bueno, 2010.)

2. FACTORES PRO – OXIDANTES

Son aquellas circunstancias que aceleran o facilitan el proceso de oxidación, como se muestra en el cuadro 02.

Cuadro N° 02: Promotores e inhibidores de la oxidación de grasas

PROMOTORES	INHIBIDORES
Temperaturas altas	Refrigeración
Metales Cu, Fe	Secuestradores
Peróxidos de grasas oxidadas	Antioxidantes
Lipoxidasa	Escaldado
Presión de oxígeno	Gas inerte o vacío
Luz UV	Empaque opaco
Poliinsaturación	Hidrogenación de ácidos insaturados

a) Grado de insaturación de las grasas

Nos referimos a la falta de saturación de las grasas en el sentido de que cuanto menos saturadas estén, más facilidad tendrán para captar oxígeno.

b) Presión de oxígeno

Cuanto más concentración de oxígeno tengamos en el aire en contacto con el alimento, más facilidad y rapidez para que se una a las grasas.

c) Calor

Cuanta más alta sea la temperatura ambiental en la que se encuentre el alimento, más se oxidará. Por eso se utilizan los frigoríficos, para su efecto conservante al mantener temperaturas bajas en su interior.

d) Luz

Sobre todo nos referimos a la fracción UV de la luz.

e) Radiaciones ionizantes

Aceleran el proceso.

f) Los pigmentos

Especialmente la clorofila, el citocromo y la mioglobina.

g) Enzimas

Sobre todo en el caso de las lipasas (que degradan las grasas) y lipooxigenasas.

h) Metales pesados

En particular el cadmio, mercurio y plomo. También la presencia de elementos como el cobre y hierro potencian la producción de la oxidación. (Bueno, 2010).

3. MECANISMO DE PREVENCIÓN DE LA OXIDACIÓN

Existen fundamentalmente dos formas de prevenir la oxidación de los alimentos:

- a) Reducir o eliminar los factores favorecedores de la misma, especialmente los pigmentos, radiaciones ultravioleta (UV), enzimas, metales, temperaturas altas, presión de oxígeno y radiaciones ionizantes.
- b) Añadiendo algunas sustancias que frenen el proceso o lo impidan. Son los antioxidantes propiamente dichos.

A nivel industrial, se utilizan ambos sistemas. Se toman las siguientes medidas:

- Hidrogenación y saturación de las grasas
- Envasado al vacío
- Envases impermeables a la luz
- Eliminación de los residuos metálicos de la maquinaria utilizada
- Almacenamiento en cámaras frigoríficas
- Utilización de los antioxidantes autorizados por la autoridad competente. (Bueno, 2010)

4. ACCIÓN DE LOS ANTIOXIDANTES

Existen diversos tipos de antioxidantes, según su mecanismo de acción. El utilizar unos u otros, depende de la tecnología de la industria alimentaria. Normalmente se utilizan asociaciones de varios, buscando un sinergismo, una potenciación de los efectos antioxidantes.

Otras veces, se utilizan antioxidantes que de por sí tienen la propiedad de potenciar a los demás, como ocurre con el ácido ascórbico. Normalmente trabajan descomponiendo los peróxidos, o impidiendo la formación de complejos con los restos de metales libres.

Hay que tener en cuenta que los antioxidantes, no deben cambiar las características del alimento en cuanto a su sabor, color, olor. Es muy importante su estabilidad según el pH del alimento al que se adicionan, para que no sufran reacciones químicas que evitan su función.

Deben ser inocuos para la salud, aunque el hecho de que sean autorizados no significa que sean inocuos, al igual que ocurre con los medicamentos. Por eso ocurre con frecuencia que después de ser autorizados durante años, se desautorizan.

Los antioxidantes no funcionan indefinidamente. En el momento en que se saturan, ya no pueden captar más radicales libres y dejan de ser efectivos, pues el proceso de oxidación continúa. Simplemente estabilizan los radicales libres en lo que hemos denominado periodo de latencia. (Bueno, 2010)

Conclusiones

Capítulo II

El capítulo II comprende el estudio del proceso de oxidación de los alimentos, en las cuales se puede evidenciar 3 períodos bien definidos: el primero el período de latencia o iniciación, donde las grasas captan la luz o calor, formándose los radicales libres a partir de los ácidos grasos.

Posteriormente ocurre el período de propagación, caracterizadas por la acumulación de peróxidos lipídicos, aquí ocurre la oxidación de los ácidos grasos insaturados. El proceso de oxidación rancio característico, constituyéndose en el período de terminación, complementándose con la formación de productos no radicales como aldehídos y cetonas de bajo peso molecular responsables del olor a rancio.

Entre los factores que aceleran el proceso de oxidación, podemos señalar: grado de insaturación de las grasas, concentración del oxígeno, calor, luz, radiaciones ionizantes, pigmentos, enzimas y los metales pesados.

El proceso de prevención de la oxidación consiste en reducir o eliminar los factores oxidantes al mínimo o en caso contrario emplear los antioxidantes autorizados o permitidos según la naturaleza del alimento.

El mecanismo de acción de los antioxidantes consiste en la descomposición de los peróxidos o impedir la formación de los complejos con los restos de los metales libres. La acción de los antioxidantes no funciona indebidamente, sino llegan a saturarse perdiendo su efectividad.

PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Qué factores pro oxidantes serán las más letales en la oxidación de los alimentos?
2. ¿Cuándo las grasas estén en el período de propagación, se podrá atenuar su efecto añadiendo un antioxidante?
3. ¿Qué tipos de grasas saturadas o insaturadas son las más sensibles al proceso de oxidación?

4. ¿Cómo se potencializa la acción de los antioxidantes en productos grasos?

Capítulo III

Los Antioxidantes Naturales en los Alimentos

Vitaminas

1. VITAMINA “E” O TOCOFEROLES

a) DESCRIPCIÓN

Con este nombre se conocen ocho compuestos de las familias de los tocoferoles y de los tocotrienoles, el α , β , γ , δ -tocoferol y el α , β , γ , δ -tocotrienol. El más activo es el α -tocoferol (100% de potencia), seguido del β (50%), el γ (5%) y el δ (1%). La palabra tocoferol proviene del griego tokos que significa descendencia, y pherin, soportar o apoyar; el ol se le añade a la molécula para indicar que es un fenol.



Figura N° 07: Alimentos ricos en vitamina E.

Imagen tomada del sitio
<http://cde.trome.e3.pe/98/ima/0/0/6/1/5/615285.jpg>

Las diferencias químicas entre los tocoferoles se muestran en la Fig. 08 y se basan en el número y la posición de los grupos metilo sustituyentes en el anillo de cromano. Debido a la presencia de los tres carbonos asimétricos que contienen, existen diversos estereoisómeros con dos posiciones quirales designadas como R y S para cada carbono, por lo que se forman ocho posibles combinaciones (RSR, SRR, SRS, etcétera) con diferente poder vitamínico; el α -tocoferol (5,7,8-trimetiltocol) es el más abundante en los alimentos, se designa como RRR- α -tocoferol y por ser el más activo biológicamente se toma de referencia para medir la potencia del resto de los isómeros. Por su parte, el producto comercial sintético de acetato es en realidad una mezcla de todos los isómeros, y para designarlo se utiliza el término acetato de todo-rac- α -tocoferilo (equivalente al antiguo acetato de dl- α -tocoferilo), en el que rac se refiere a que está racemizado en su totalidad; su

actividad biológica es de aproximadamente 80% de la del RRR- α -tocoferol. (Badui, 2006)

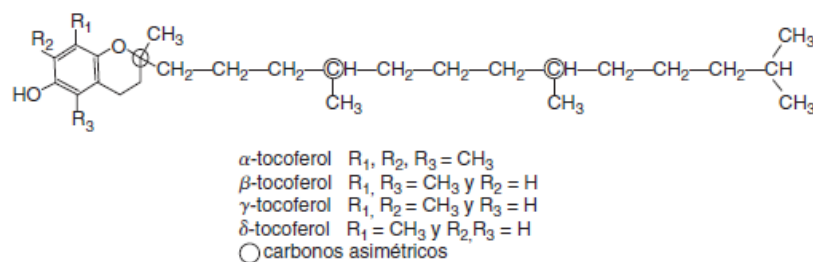


Fig. 08: Fórmulas de los tocoferoles. El acetato de tocoferilo se produce al sustituir el OH por el grupo CH_3COO . (Badui, 2006)

Con base en esto, la potencia vitamínica de estos compuestos se expresa de la siguiente manera: 1 Unidad Internacional = 1 mg de acetato de todo-rac- α -tocoferilo, o bien, 1 mg de RRR- α -tocoferol = 1,49 UI.

No se conoce bien la función biológica de esta vitamina en el humano, pero sí los problemas que ocasiona su carencia. Debido a su estructura química actúa como antioxidante natural a nivel celular y reduce los peróxidos provenientes de la oxidación de los ácidos linoleico y linolénico; cabe indicar que una teoría establece que el envejecimiento del hombre se debe a la acción de estos peróxidos sobre las proteínas. De hecho, se recomienda una dieta rica en vitamina E cuando se consumen concentraciones elevadas de dichos ácidos; la vitamina C le ayuda a recuperar su función de antioxidante después de que actúa como tal. Su deficiencia en animales se manifiesta por degeneración tubular renal, pigmentación de los depósitos lipídicos, necrosis hepática y distrofia muscular. En ratas de laboratorio previene la esterilidad y los abortos, por lo que algunos investigadores erróneamente concluyeron, hace algunas décadas, que tenía el mismo efecto en el hombre; por esta razón a la vitamina E también se la llamó factor antiesterilidad. (Badui, 2006)

Debido a que en los gérmenes de maíz y de trigo se concentra hasta el 85% de estos compuestos (120 mg/100 mL), al momento de eliminar dichos gérmenes durante la obtención de los derivados industriales de estos granos se ocasiona una importante

pérdida vitamínica. Los aceites de almendra, de cacahuate, de oliva, de soya y de aguacate contienen 30, 16, 14, 8 y 1,5 mg/100 ml de α -tocoferol, respectivamente. En la refinación de los aceites, los tocoferoles y los tocotrienoles se deterioran, principalmente por oxidación, y se reduce su concentración hasta en un 70%, como lo muestra el cuadro 03.

Cuadro N° 03: Concentración de tocoferoles en el aceite de maíz (mg/100 g)

Tocoferol	Aceite crudo	Aceite refinado
α -Tocoferol	27-32	2-3
α -Tocotrienol	10-16	---
γ -Tocoferol	89-95	43,5
γ -Tocotrienol	21-27	----
Total	149-168	45,8

Fuente: Badui 2006

Al oxidarse se inducen reacciones típicas de la autooxidación, que generan quinonas, sustancias dihidroxiladas y algunos polímeros. Su actividad como antioxidante es débil en los aceites refinados, por lo que generalmente se recurre a los antioxidantes sintéticos.

Comercialmente existen diversos derivados de la vitamina E que se emplean como nutrimento y como antioxidante; el acetato sólo se usa para fortificar, mientras que la forma de alcohol, sin esterificar, se usa como antioxidante por tener el OH libre activo del grupo fenólico. Su análisis y cuantificación se efectúa por métodos colorimétricos y por cromatografía líquida de alta presión. (Badui, 2006)

b) FORMAS

La Vitamina E existe en al menos 16 diferentes formas, cuatro tocoferoles, cuatro tocomonoenoles, ocho tocotrienoles. Todos incluyen un anillo cromanol (d), con un hidroxilo que puede donar un átomo de hidrógeno para reducir radicales libres y una cadena lateral hidrofóbica que permite la penetración en membranas biológicas.

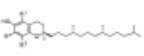
Tocoferoles	R ¹	R ²	R ³	Nom
	CH ₃	CH ₃	CH ₃	α -tocoferol
	CH ₃	H	CH ₃	β -tocoferol
	H	CH ₃	CH ₃	γ -tocoferol
	H	H	CH ₃	δ -tocoferol

Figura N° 09: Formas de tocoferoles

Los tocoferoles, tocomonoenoles y tocotrienoles se dan tanto en formas alfa (α), beta (β), gamma (γ), determinadas por el número y la posición de grupos metil en el anillo de cromanol.

Los tocotrienoles tienen la misma estructura de metilo en el anillo y la misma notación metil de letras griegas, pero se diferencian de los tocoferoles análogos por la presencia de tres dobles enlaces en la cadena lateral hidrofóbica. La insaturación de las colas da tocotrienoles les da a los tocotrienoles un único carbono estereoisómero (y por tanto dos isómeros posibles por fórmula estructural, uno de los cuales se produce naturalmente), mientras que los tocoferoles tienen 3 centros (y ocho posibles estereoisómeros por fórmula estructural, una vez más sólo uno de los cuales se produce naturalmente).

Cada forma tiene actividad biológica ligeramente diferente. En general, los 1-isómeros antinaturales de tocotrienoles carecen de casi toda actividad de vitamina, y también la mitad de los posibles 8 isómeros de los Tocoferoles carecen de actividad de vitamínica. De los estereoisómeros que mantienen actividad, metilación aumentada, especialmente metilación total a la forma de alfa, aumenta la actividad de la vitamina. En tocoferoles, esto es debido a la preferencia de la proteína tocophrol para la forma alfa-tocoferol de la vitamina. (Badui, 2006)

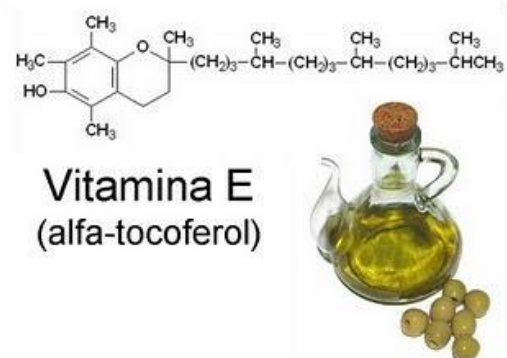
➤ **Alfa – Tocoferol (α – Tocoferol)**

Sus características físicas y químicas se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 04: Características físicas y químicas del α – Tocoferol

Característica	Descripción
Fórmula molecular	$C_{29}H_{50}O_2$
Apariencia	Polvo blanco
Densidad	950 kg/m^3 ; $0,950 \text{ g/cm}^3$
Masa molar	$430,71 \text{ g/mol}$
Solubilidad en agua	baja en agua
Solubilidad en metanol	liposoluble

La α -tocoferol es un antioxidante de origen natural de la familia de los tocoferoles. Cuando se refiere a la forma natural es el estereoisómero dextrógiro denominado D-Alfa-tocoferol, mientras que el sintético es el DL-Alfa-Tocoferol. Cuando se emplea en la industria



Vitamina E
(alfa-tocoferol)

alimentaria se suele codificar como: "E 307". El α -Tocopheroles considerado una forma de vitamina E que se absorbe y se acumula en el cuerpo humano. (Wikipedia, 2014)

Figura N° 10: El α – tocoferol
Imagen tomada del sitio
<http://www.yung.es/wp-content/uploads/2013/05/vitamina-e.jpeg>

El alfa-tocoferol es un antioxidante que posee la propiedad de proteger a los ácidos grasos poliinsaturados de las membranas y otras estructuras celulares de la peroxidación lipídica. Por ello, es la forma de vitamina E que preferentemente se absorbe y acumula en los seres humanos. La medición de la actividad de "vitamina E" en Unidades Internacionales (UI) se basa en la mejora de fertilidad en la prevención de abortos espontáneos en ratas embarazadas en relación al alpha-tocoferol.

Es muy poco soluble en agua, alcanzando mayores grados de solubilidad en aceites. En forma sintética, como aditivo alimentario, lleva el número E E-307. (Wikipedia, 2014)

➤ **Beta – Tocoferol (β – Tocoferol)**

Entre sus características físicas y químicas podemos señalar:

- Fórmula molecular : $C_{28}H_{48}O_2$
- Masa molar : 416,68 g/mol
- Solubilidad en agua : baja en agua
- Solubilidad en metanol : liposoluble

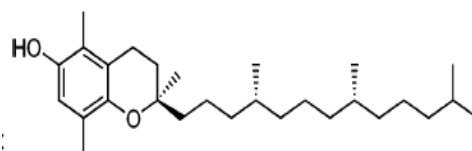


Figura N° 11: El β - tocoferol

β - Tocoferol (beta-tocoferol) es otra de las 4 formas naturales de tocoferol (y por tanto una de las 8 formas naturales de Vitamina E).

➤ **Gamma – Tocoferol (γ – Tocoferol)**

Entre sus características físicas y químicas

podemos señalar:

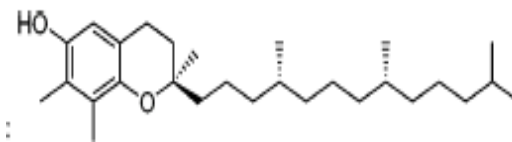


Figura N° 12: El γ - tocoferol

- Fórmula molecular : $C_{28}H_{48}O_2$
- Estado de agregación : Líquido
- Apariencia : Aceite viscoso amarillo pálido
- Masa molar : 416,68 g/mol
- Solubilidad en agua : Muy baja en agua (prácticamente insoluble)
- Solubilidad en metanol : Liposoluble, muy alta en acetona, cloroformo, etanol, éter y aceites vegetales

γ -Tocoferol (gamma-tocopherol) es otra de las 4 formas naturales de tocoferol (y por tanto una de las 8 formas naturales de Vitamina E). En forma sintética es el aditivo antioxidante E 308.

➤ **Delta – Tocoferol (δ – Tocoferol)**

Entre sus características físicas y químicas podemos señalar:

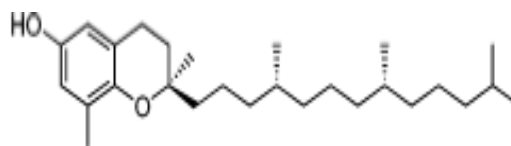


Figura N° 13: El δ - tocoferol

- Fórmula molecular : $C_{27}H_{46}O_2$
- Apariencia : Aceite viscoso amarillo pálido
- Masa molar : 402,65 g/mol
- Solubilidad en agua : Baja en agua
- Solubilidad en metanol : Liposoluble

δ -Tocoferol (delta-tocoferol) es otra de las 4 formas naturales de tocoferol (y por tanto una de las 8 formas naturales de Vitamina E). En forma sintética es el aditivo E 309.

c) PRINCIPALES FUENTES

Las principales fuentes de la vitamina E lo constituyen los productos vegetales como los aceites de girasol, de maíz, de soja, germen de trigo, avellanas, almendras, coco, margarina, cacahuetes y nueces.



Figura N° 14: Fuentes de vitamina E
 Imagen tomada del sitio
<http://www.sentirtemejor.com/wp-content/uploads/2012/03/vitamina-e.jpeg>

En el cuadro N° 02 se exponen los alimentos ricos en vitamina E.

Cuadro N° 05: Alimentos ricos en Vitamina E

Alimento	Contenido expresado en mg / 100 g
Aceite de girasol	55
Aceite de maíz	31
Germen de trigo	30
Avellanas	26
Almendras	25
Coco	17
Germen de maíz	16
Aceite de soja	14
Soja germinada	13
Aceite de oliva	12
Margarina	10
Cacahuetes y nueces	9

La cantidad recomendada por día es de 8-10 mg.

Fuente: (Vilaplana, 2007)

d) CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

El α – tocoferol es uno de los antioxidantes lipídicos más importantes gracias a su capacidad para captar el oxígeno. La actividad antioxidante de la vitamina E se centra concretamente en la inhibición de la peroxidación lipídica causada por los radicales libres, acción que tiene lugar en los fosfolípidos de la membrana celular, lipoproteínas, tejido adiposo, cerebro y en todos los tejidos que contengan una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados. (Vilaplana, 2007)

Al impedir la oxidación de las membranas celulares, la vitamina E permite una buena nutrición y regeneración de los tejidos. Además, está demostrado por varios

estudios que hay unos tipos de cáncer (de pulmón, de páncreas y de cuello de la matriz) cuyo riesgo se ve reducido al consumir vitamina E. Incluso se ha comprobado que esta vitamina reduce el crecimiento de algunos tumores tipo sarcomas. La acción antitumoral de la vitamina E, junto con la C, el β -caroteno y el selenio, se ve potenciada cuando actúan juntas. Dado que el aporte de vitamina E se hace realidad a través de alimentos grasos, para su absorción se necesita la formación de la micela, cosa que no se consigue si no es con un aporte graso que induzca la secreción de bilis. A pesar de ello, no está todavía bien establecido cuál es el aporte mínimo de grasa para optimizar su absorción. Este punto es de especial importancia cuando se ingieren suplementos dietéticos de vitamina E. (Vilaplana, 2007)

En cuanto al mecanismo de acción, el α -tocoferol se sitúa en la membrana celular cercano a la superficie, lo que le permite una mejor funcionalidad como antioxidante y, lo es más importante, regenerar la forma oxidada de vitamina E mediante la interacción con otros antioxidantes, como pueden ser los flavonoides. (Vilaplana, 2007)

Las vitaminas C y E se hallan directamente relacionadas, ya que la primera actúa regenerando los radicales oxidados de la segunda.

2. VITAMINA “C” O ACIDO ASCÓRBICO

a) DESCRIPCIÓN

El ácido ascórbico, conocido también como Vitamina “C” es un cristal incoloro e inodoro, sólido soluble en agua con un sabor ácido. Es un ácido orgánico, con propiedades antioxidantes proveniente del azúcar.

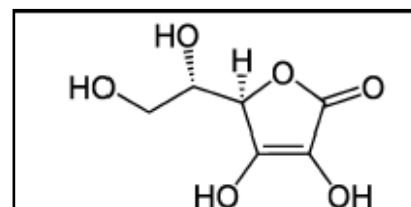


Figura N° 15: Estructura química del ácido ascórbico

En los humanos, en los primates y en los cobayas, entre otros, la vitamina C o ácido ascórbico no puede ser sintetizada, por lo cual debe ingerirse a través de los alimentos. Esto se debe a la ausencia de la enzima L-gulonolactona oxidasa, que participa en la ruta del ácido úrico.

Su enantiómero L de este ácido es comúnmente conocido como vitamina C. El nombre "ascórbico" proviene del prefijo a- ("sin") y del latín scorbuticus ("escorbuto"). (Wikipedia, 2014)

b) CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

- Fórmula molecular : $C_6H_8O_6$
- Fórmula empírica : $C_3H_4O_3$
- Estado de agregación : Sólido
- Apariencia : Polvo blanco
- Densidad : $1\,650\text{ kg/m}^3$; $1,65\text{ g/cm}^3$
- Masa molar : $176,12\text{ g/mol}$
- Punto de fusión : 463°K (190°C)
- Solubilidad en agua : 33 g/100 mL (a 0°C y 1 atm)
- Temperatura de fusión : $189\text{-}192^\circ\text{C}$ ($462\text{-}465^\circ\text{K}$)

El enantiómero L (levógiro) del ácido ascórbico también se conoce como vitamina C (el nombre ascórbico procede de su propiedad de prevenir y curar el escorbuto).

El ácido ascórbico y sus sales de sodio, potasio y calcio se utilizan de forma generalizada como antioxidantes y aditivos. Estos compuestos son solubles en agua, por lo que no protegen a las grasas de la oxidación. Para este propósito pueden utilizarse los ésteres del ácido ascórbico solubles en grasas con ácidos grasos de cadena larga (palmitato y estearato de ascorbilo). (Wikipedia, 2014)

c) PRINCIPALES FUENTES

Los alimentos con una mayor riqueza en esta vitamina son las frutas y las hortalizas frescas y crudas como las mostradas en el Cuadro N° 06. (Vilaplana, 2007)

Cuadro N° 06: Alimentos ricos en Vitamina C

Alimento	Contenido expresado en mg /100 g
Camu camu	2780
Kiwi	500
Guayaba	480
Pimiento rojo	204
Grosella negra	200
Perejil	150
Col silvestre	136
Caqui	130
Granadilla	129
Brócoli	114
Ruda	112
Marañón	108
Pimiento	108
Berro	105
Ají de mesa	104
Hojas de kailán	104
Hojas de col	96
Ají dulce	95
Rabicol	94
Naranja	92
Col de brucas	82
Limón	80
Coliflor sin tallo	75
Coliflor	70
Tumbo serrano	67
Espinaca	60
Guayaba	60
Fresa	60
Naranja	50

La cantidad recomendada por día es de 50-60 mg.

Fuente: Instituto Nacional de Salud (2009)

d) CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

A esta vitamina le atribuyen propiedades antioxidantes y es de destacar su papel a la hora de evitar la proliferación de nitrosaminas. Se ha utilizado con éxito en el tratamiento de algunos tumores de intestinos, como pólipos y adenomas. (Vilaplana, 2007)

Se ha comprobado experimentalmente que inhibe la formación de nitrosaminas cancerígenas. También algunos estudios sugieren la posibilidad de tratamiento con ácido ascórbico para algunos tipos de cáncer (de vejiga, de pulmón, etc.).

La vitamina C actúa como antioxidante y agente reductor. Interviene proporcionando electrones a compuestos tanto en el interior de la célula como en el exterior. Así, puede actuar fuera de la célula, conjuntamente con la vitamina E, en la prevención de la oxidación lipídica. Es de esta forma que actúa frente la oxidación de las LDL, punto donde se inicia la lesión aterosclerótica. También puede actuar en la prevención del daño oxidativo sobre el ADN, cuya oxidación estaría relacionada con ciertos tipos de cáncer y envejecimiento.

Es sabido que la vitamina C se destruye en parte por efecto del calor (cocción) y del almacenamiento prologando. De ahí la gran importancia nutricional que tiene tomar vegetales crudos en las comidas y a diario, ya que, al igual que otras vitaminas hidrosolubles, apenas se acumula en nuestro organismo y éste la precisa continuamente.

Es muy sensible a la luz, a la temperatura y al oxígeno del aire. Incluso un zumo de naranja natural pierde su contenido de vitamina C a los 15-20 min de haberlo preparado, y también se pierde en las verduras cuando las cocinamos. (Vilaplana, 2007)

3. VITAMINA “A” Y CAROTENOIDES

3.1.VITAMINA “A” O RETINOL

A. Descripción

La vitamina A, retinol o antixeroftálmica llamada así por la deficiencia de esta vitamina, es una vitamina liposoluble (es decir que es soluble en cuerpos grasos, aceites y que no se puede liberar en la orina como normalmente lo hacen las vitaminas hidrosolubles) que interviene en la formación y mantenimiento de las células

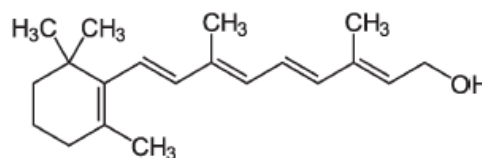


Figura N° 16: Estructura química de la vitamina A

epiteliales, en el crecimiento óseo, el desarrollo, protección y regulación de la piel y de las mucosas.

La vitamina A es un nutriente esencial para el ser humano. Se conoce también como **retinol**, ya que genera pigmentos necesarios para el funcionamiento de la retina. Desempeña un papel importante en el desarrollo de una buena visión, especialmente ante la luz tenue. También se puede requerir para la reproducción y la lactancia. El β -caroteno, que tiene propiedades antioxidantes que ayudan a eliminar radicales libres previniendo el envejecimiento celular, es un precursor de la vitamina A. El **retinol** puede oxidarse hasta formar el ácido retinoico, un ácido de uso medicinal. Esta vitamina posee 3 vitámeros (vitaminas que tienen más de una forma química) son el **retinol**, el **retinal** y el **ácido retinóico**. (Wikipedia, 2014)

B. Características físicas y químicas

- Fórmula molecular : $C_{20}H_{30}O$
- Masa molar : 286,4516g/mol
- Punto de fusión : 61 °C (142°F)
- Punto de ebullición : 125 °C (257 °F)

C. Principales fuentes

Los carotenoides forman un grupo de más de 600 compuestos que se encuentran de forma natural en las plantas y les proporcionan diferentes coloraciones, son los precursores de la vitamina A. Asimismo ciertos productos cárnicos como las vísceras de animales, constituyen fuentes importantes de la vitamina A. (Vilaplana, 2007)

Cuadro N° 07: Alimentos ricos en Vitamina A

Alimento	Contenido expresado en $\mu\text{g}/100\text{ g}$ (equivalentes de Retinol)
Vísceras de animales	5800
Acedera	2100
Zanahorias	2000
Espinacas (cocidas)	1000
Perejil	1160
Mantequilla	970
Boniatos	670
Aceite de soja	583
Atún y bonito fresco o congelados	450
Quesos	240
Huevos	220
Otras verduras (tomates, lechugas, etc.)	130

Fuente: Instituto Nacional de Salud (2009)

La cantidad recomendada por día es de 800-1000 μg (como retinol). La cantidad de Vitamina A recomendada es de 1000 μg de (ER) por día para los hombres y 800 μg (ER) por día para las mujeres.

Equivalencias de retinoides y carotenoides es frecuentemente expresada en Unidades Internacionales (UI) o como equivalentes de retinol (ER), que corresponden a 1 μg de retinol, 6 de β -carotenos o 12 μg de otros carotenos. Debido a que la producción de retinol se realiza a partir de provitaminas en el organismo, su producción es regulada por la cantidad disponible de retinol en el cuerpo. De acuerdo a esto, la conversión aplica estrictamente para casos de deficiencias de vitamina A en el organismo. La absorción de las provitaminas depende gran parte de la cantidad de grasas ingeridas, ya que éstas incrementan la absorción de las provitaminas. (Wikipedia, 2014)

D. Capacidad Antioxidante

La vitamina A sólo está presente como tal en los alimentos de origen animal, mientras que en los vegetales se encuentra como provitamina A, en forma de carotenos. Entre las funciones que realiza la vitamina A en el organismo, destacan su efecto trófico y protector de los epitelios (piel y mucosas), participando en la

barrera defensivo-inmunológica de estas estructuras, por lo que se le atribuye un efecto preventivo frente a la posible aparición de cánceres de boca, estómago, colon, broncopulmonar y de cuello uterino. Algunos estudios han comprobado que el tratamiento con retinoides sintéticos disminuye en un 50% las recurrencias del cáncer de vejiga. (Vilaplana, 2007)

Los β -carotenos actúan atrapando radicales libres y moléculas de oxígeno libre; de ahí su efecto protector.

Diferentes estudios han intentado demostrar su capacidad preventiva contra el cáncer de pulmón, por su efecto protector en la defensa sobre la pared epitelial.

Algunos autores confirman incluso su efecto de reversión sobre células ya sensibilizadas a tumores, es decir, que los β -carotenos pueden conseguir que los tumores disminuyan de tamaño.

Esta vitamina se destruye muy fácilmente con la luz, con la temperatura elevada y con los utensilios de cocina de hierro o cobre. (Vilaplana, 2007)

3.2.CAROTENOIDES

a) Descripción

Los carotenoides o tetraterpenoides son una clase de pigmentos terpenoides con 40 átomos de carbono derivados biosintéticamente a partir de dos unidades de geranil-geranil pirofosfato, en su mayoría son solubles en solventes apolares y de coloraciones que oscilan entre el amarillo (por ejemplo el β -caroteno) y el rojo (por ejemplo el licopeno). (Martínez, 2003)

El carotenoide más conocido es el β -caroteno, que se convierte en el intestino en dos moléculas de vitamina A. Esta capacidad de convertirse en vitamina A es exclusiva de algunos carotenos y no posee una relación directa con su potencial antioxidante. (Vilaplana, 2007)

b) Clasificación

Los carotenoides se clasifican en dos grupos: carotenos y xantofilas. Los carotenos solo contienen carbono e hidrógeno (por ejemplo el β -caroteno, el licopeno, etc.), mientras que las xantofilas contienen además oxígeno (por ejemplo la luteína). (Martínez, 2003)

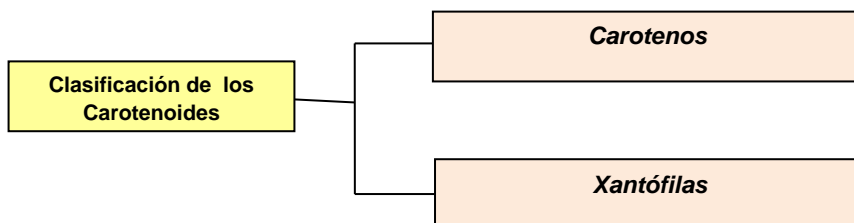


Figura N° 17: Clasificación de los carotenoides

A los carotenoides generalmente se les denomina con nombres comunes que incluyen las variaciones estructurales de los anillos laterales, en especial la posición del enlace doble. El β -caroteno, hoy es denominado β,β -caroteno, para indicar que los dos anillos de los extremos tienen el enlace doble en la misma posición relativa. En general para los carotenos se usa el sufijo caroteno, y para las xantofilas el sufijo ina. (Martínez, 2003)

c) Fuentes

Los carotenoides se encuentran ampliamente distribuidos en el reino vegetal, en bacterias, y muy pocos se han reportado en animales (por ejemplo los colores rojizos de las plumas del flamenco son debidos a la cantaxantina, un carotenoide), y particularmente invertebrados marinos como las esponjas, estrellas de mar, pepinos de mar, erizos de mar, y otros. En los animales superiores el β -caroteno es un requerimiento dietario esencial pues es precursor de la vitamina A.

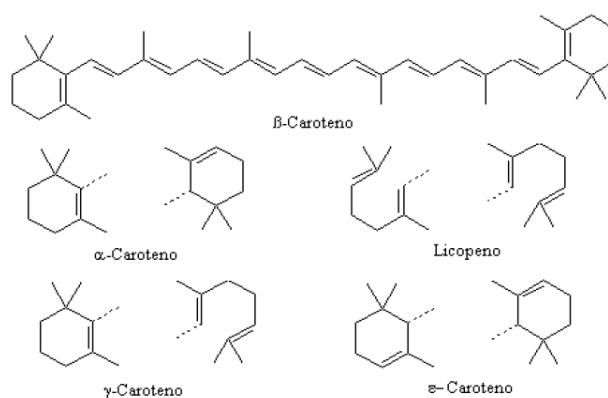
Se conocen más de 600 carotenoides, y se les encuentra en forma libre, como ésteres de ácidos grasos o como glicósidos. Sin embargo los glicósidos carotenoides son muy raros, un ejemplo de estos últimos es la crocina.

Los carotenoides se encuentran principalmente en partes aéreas de las plantas, especialmente en hojas, tallos y flores, en frutos (por ejemplo tomate, pimentón, etc.), y en menor proporción en raíces (por ejemplo la zanahoria).

Los carotenoides junto con los flavonoides y las clorofilas, son los pigmentos vegetales más distribuidos. En especial existen carotenoides que confieren coloraciones amarilla, naranja, roja y violeta a tejidos vegetales y algunos órganos animales. Los flavonoides confieren también coloraciones similares, inclusive coloración azul a muchas flores y frutos, mientras que las clorofilas se reconocen fácilmente por su coloración verde. Existen también vegetales tan conocidos como la remolacha *Beta vulgaris*, que debe su color característico a pigmentos nitrogenados denominados betacianinas, menos distribuidos que los primeros. (Martínez, 2003)

3.3.CAROTENOS

Los carotenos en la naturaleza se encuentran como la α -caroteno, β -Caroteno, γ -Caroteno y ε -Caroteno, que se encuentran en diversas proporciones en los alimentos. (Martínez, 2003)



a) β -Caroteno (Betacaroteno)

Figura N° 18: Estructura química de los carotenos

- Descripción

El caroteno más comúnmente encontrado es el β -caroteno, y normalmente constituye entre el 25-30 % del contenido total de carotenoides en las plantas. (Vilaplana, 2007)

Los carotenos también actúan en las enfermedades cardiovasculares y parece ser que desempeñarían un papel en la prevención de la oxidación de las LDL que supondría el inicio de la lesión aterosclerótica. La vitamina A se encuentra en cantidades importantes en muchos vegetales de consumo cotidiano, generalmente

en forma de β -carotenos, como es el caso de las zanahorias, albaricoques, boniatos, patatas dulces, espinacas, brécol, melón, etc. También la podemos extraer de huevos, productos lácteos e hígados de peces y animales. (Vilaplana, 2007)

- **Fuentes**

Los alimentos ricos en Carotenos son las mostradas en el cuadro N° 08.

Cuadro N° 08: Alimentos ricos en Carotenos

Alimento	α – Caroteno (μg /100 g)	β – Caroteno (μg /100 g)
Brócoli	1	779
Uva	5	603
Coles de Bruselas	---	450
Mango	17	445
Judías	147	408
Tomate	112	393
Sandia	--	295
Oliva	---	219
Trigo	---	100
Naranja	16	51
Maíz	33	30
Pera	6	27
Plátano	5	21
Zanahorias	4,649	8,836
Calabaza	4,795	6,940
Patata	--	6
Espinaca	---	5.597
Pimiento	59	2,379
Melón	27	1,595
Lechuga	---	1.272
Piña	30	--

Fuente: Mínguez (2010)

- **Actividad antioxidante**

Los carotenoides inhiben el proceso de auto-oxidación lipídica, por lo que su presencia en las membranas celulares evita los consecuentes procesos negativos. Reaccionan además con otros radicales de múltiple naturaleza, como por ejemplo los formados durante el metabolismo de compuestos xenobióticos. (Mínguez, 2010)

b) Licopeno

• Descripción

El licopeno es un pigmento vegetal, soluble en grasas, que aporta el color rojo característico a los tomates, sandías y en menor cantidad a otras frutas y verduras. Pertenece a la familia de los carotenoides como el β -

caroteno, sustancias que no sintetiza el cuerpo humano, sino los vegetales y algunos microorganismos, debiéndolo tomar en la alimentación

como micronutriente. El código alimentario asignado por la Unión Europea a esta sustancia es E-160d. (Wikipedia, 2014)



*Figura N° 19: Tomate principal
fuente del licopeno*

*Imagen tomada del sitio
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Bright_red_tomato_and_cross_section02.jpg*

Es el carotenoide que imparte el color rojo al tomate y a la sandía y que no se convierte en vitamina A en el organismo humano, lo que no impide que posea unas propiedades antioxidante muy elevadas. (Vilaplana, 2007)

Las concentraciones más elevadas de licopeno se encuentran en el tejido prostático. Un elevado consumo de licopeno se ha relacionado con la prevención de algunos tipos de cáncer, precisamente el de próstata. Aunque el tomate es la mayor fuente de licopeno, también lo son otras verduras y frutas que presentan colores intensos como la sandía, la papaya, el albaricoque o el pomelo rosado. El tomate es el alimento que lo concentra en mayor cantidad, y se debe considerar que hay factores que afectan a su asimilación en el organismo, como su madurez, las distintas variedades o la forma de cocinarlo, todos influyentes en la cantidad y el grado de aprovechamiento del licopeno. (Vilaplana, 2007)

De todos ellos, es el tomate frito la forma en la que mejor se asimila esta sustancia, ya que, además del calor, hay cierta cantidad de grasa, lo que hace que el licopeno (soluble en grasa) se asimile mejor. En concreto, su presencia en el tomate frito es de unos 25 μg por cada 100 g, mientras que en el tomate fresco es de en torno a los 2 μg por cada 100 g. (Vilaplana, 2007)

- **Composición química del licopeno**

El licopeno es uno de los primeros carotenoides que aparecen en la síntesis de este tipo de compuestos, constituyendo la base molecular para la síntesis de los restantes carotenoides. El licopeno es un carotenoide de estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono.

El licopeno es un carotenoide altamente lipofílico que se caracteriza por carecer de anillos cíclicos y poseer un gran número de dobles enlaces conjugados. Su

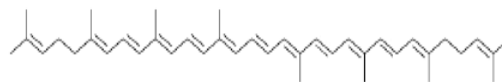


Figura N° 20: Estructura química del licopeno

obtención por síntesis química aún no está totalmente establecida y, a diferencia de otros carotenoides como el β -caroteno producido a gran escala por síntesis, el licopeno se obtiene fundamentalmente a partir de fuentes naturales, hongos y muy especialmente tomates. Sin embargo, los sistemas de extracción son costosos y el licopeno presenta una baja estabilidad, lo que ha limitado su utilización como colorante alimenticia. (Wikipedia, 2014)

- **Fuentes del licopeno**

La principal fuente de licopeno es el tomate y sus productos derivados (pasta y salsas) así como la sandía y el pomelo rojo. (Mínguez, 2010)

En nuestra dieta obtenemos licopeno a partir de alimentos muy definidos, fundamentalmente a través del consumo de tomate y derivados (salsas, tomate frito, tomate triturado, ketchup, pizzas, zumos) y de sandía. En el tomate maduro, el carotenoide mayoritario es el licopeno que lo contiene en aproximadamente en un 83% y en porcentaje también importante, se encuentra el β -caroteno, entre un 3-7%, y otros como son el γ -caroteno, que al igual que el β -caroteno tienen actividad provitáminica A, fitoeno, fitoflueno, etc.

El contenido en licopeno aumenta con la maduración de los tomates y puede presentar grandes variaciones según la variedad, condiciones del cultivo como el tipo de suelo y clima, tipo de almacenamiento, etc. La cantidad de licopeno en los

tomates de ensalada está alrededor de 3µg/100g y en los de "tipo pera" es más de diez veces esa cifra. De forma general, el contenido de licopeno es menor en los tomates cultivados en invernadero, en cualquier estación, que en los tomates producidos al aire libre durante el verano, así como también el contenido de licopeno es menor en frutos que se recolectan verdes y maduran en almacén en comparación con los frutos madurados en la tomatera.(Wikipedia, 2014).

Actualmente es posible obtener por ingeniería genética, tomates que contienen más de tres veces la cantidad de licopeno que el resto de los tomates. La facilidad con la que incorporamos el licopeno a nuestro organismo, es decir, su biodisponibilidad, es diferente según la forma en que lo consumamos, así por ejemplo cuando se toma con aceite se facilita su absorción. Las investigaciones confirman que la absorción intestinal del licopeno es mucho mejor (hasta 2,5 veces más) si se consume cuando se calienta como las salsas que como fruta natural o zumo, debido a que el licopeno se absorbe mejor a través de las grasas y aceites por su lipo solubilidad y a que, con temperaturas altas, se rompen las paredes celulares del fruto, que son las que dificultan la absorción del licopeno. El licopeno se encuentra presente en el organismo humano tanto en sangre en cantidad de 30 µg/dl como en tejidos, distribuyéndose de forma variable. El licopeno es el carotenoide predominante en la composición de los tejidos humanos, concentrándose especialmente en la próstata, lo que podría explicar su fuerte acción preventiva en la aparición de cáncer de próstata. (Wikipedia, 2014)

Cuadro N° 09: Alimentos ricos en licopeno

Alimento	Contenido expresado en µg /100 g
Tomate frito	25,00
Pera	4,868
Tomate fresco	3,000 – 3,250

Fuente: Mínguez (2010)

3.4.XANTOFILAS

La luteína es la xantofila más abundante (40-45 %), pero siempre se encuentra en menor proporción que el β -caroteno.

a) Luteína o Zeaxantina (Zeaxanteno)

Otros carotenoides que tampoco se convierten en vitamina A son la luteína y la zeaxantina, que desarrollan un papel en la visión. Se encuentran en la retina y en la región macular (la luteína en ambas y la zeaxantina sólo en la región macular). Su deficiencia se relaciona con la degeneración macular. (Vilaplana, 2007)

La luteína y la zeaxantina, al igual que otros carotenos antioxidantes, están presentes en alimentos vegetales, aunque especialmente en vegetales de hojas verdes oscuro. Algas, guisantes, puerros, arándanos, brócoli, yema de huevo, espinacas, acelga, repollo, col, maíz, tomate, plátano, perejil, apio, flor de calabaza y naranja son algunas de las fuentes alimentarias de estos antioxidantes. También los pétalos de caléndula son una fuente habitual de la luteína que se usa como pigmento en la industria alimentaria. (Vilaplana, 2007)

Cuadro N° 10: Alimentos ricos en Luteína

Alimento	Contenido expresado en μg /100 g
Maíz	884
Naranja	187
Trigo	35
Melón	40
Sandía	17
Pera	17
Uva	13
Espinaca	11,938
Aceite de Oliva	5,990
Lechuga	2,635
Brócoli	2
Coles de Bruselas	1,590

Fuente: Mínguez (2010)

Polifenoles o Compuestos Fenólicos

1. DEFINICIÓN

Son una de las mayores clases de metabolitos secundarios de plantas. Químicamente pueden ser definidos como sustancias que poseen un anillo aromático conteniendo uno o más grupos hidroxilo. Los compuestos fenólicos existentes en los alimentos cubren ácidos fenólicos, cumarinas, flavonoides y taninos. (Paredes, 2007)

2. CLASIFICACIÓN

Dentro de los polifenoles, encontramos principalmente a los flavonoides.

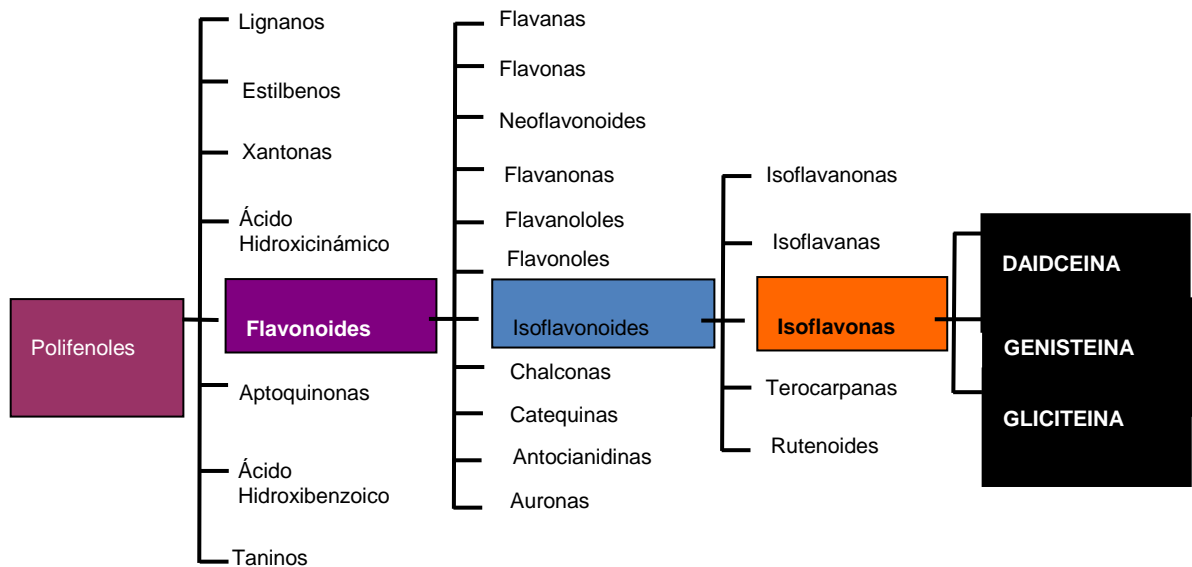


Figura N° 21: Clasificación de los polifenoles

Fuente: (Paredes, 2007)

A. FLAVONOIDES

Los flavonoides son compuestos con elevado poder antioxidante. Están constituidos por una gran familia de compuestos polifenólicos sintetizados por la plantas. Son unos potentes agentes antioxidantes que actúan como inactivadores de radicales libres o también como agentes quelantes de metales prooxidantes, como es el caso del hierro y del cobre. (Vilaplana, 2007)

Comprenden a los flavonoles, los antocianidoles y a las flavonas, colorantes naturales con acción antioxidante que constituyen el grupo más importante de la familia de los polifenoles, muy presentes en el mundo vegetal. Se ha demostrado que son un factor protector del sistema cardiovascular. Además, activan las enzimas glutatión peroxidasa y catalasa, antioxidantes naturales presentes de forma natural en nuestro organismo. Sus fuentes alimentarias más habituales son: brasicáceas, verduras de hoja verde, frutas rojas, moradas y cítricos. (Vilaplana, 2007)

a) Historia

Los flavonoides son un gran grupo de sustancias vegetales que fueron descubiertas por el premio Nobel en Bioquímica Dr. Albert Szent-Gyorgi, quien les denominó como "vitamina P". El Dr. Szent-Gyorgi descubrió que los flavonoides favorecen la función de la vitamina C, mejorando su absorción y protegiéndola de la oxidación. Los flavonoides comprenden varias clases de sustancias naturales, entre las cuales están muchas de las que les confieren colores: amarillo, naranja, rojo, violeta y azul, a muchas flores, hojas y frutos, especialmente. (Martínez, 2005)

b) Aspectos Químicos

Para los químicos los flavonoides tienen una estructura química muy definida como se muestra en la Figura N° 20. Puede observarse que de manera general son moléculas que tienen dos anillos bencénicos (o aromáticos, para los químicos orgánicos) unidos a través de una cadena de tres átomos de carbono, puesto que cada anillo bencénico tiene 6 átomos de carbono, los autores los denominan simplemente como compuestos $C_6C_3C_6$. La Figura N° 05 muestra la estructura química de uno de los flavonoides más comunes: La quercetina. (Martínez, 2005)

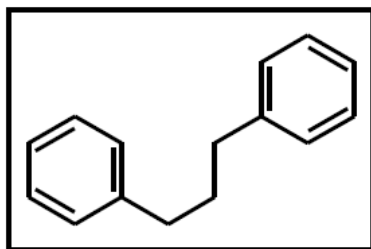


Figura N° 22: Estructura básica de los flavonoides

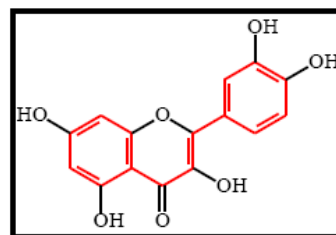


Figura N° 23: Estructura química de uno de los flavonoides más comúnmente hallados en la naturaleza, la quercetina. Nótese en color rojo la estructura básica de los flavonoides

La Figura N° 22 muestra una de las maneras más utilizadas por los químicos para representar las moléculas de los flavonoides en dos dimensiones, sin embargo existen otras maneras de representarlas de manera más real, esto es en tres dimensiones como se ilustra por ejemplo en la Figura N° 06. (Martínez, 2005)

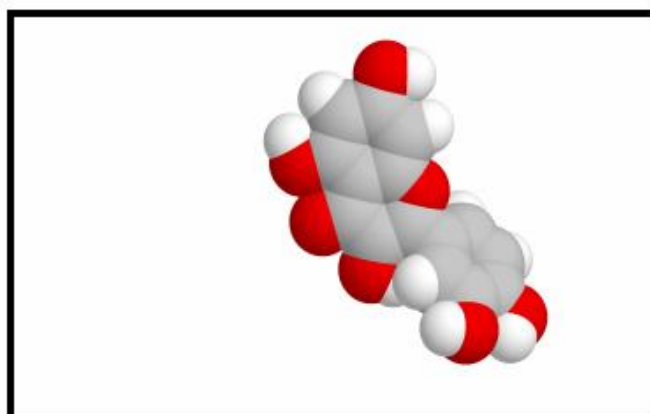


Figura N° 24: Estructura química en tres dimensiones del flavonoide quercetina. Representación en esferas: átomos de carbono de color gris, átomos de oxígeno en color rojo y átomos de hidrógeno en color blanco

Imagen tomada del sitio

<http://us.cdn4.123rf.com/168nwm/molekuul/molekuul1404/molekuul140400097/27686142-mol-cula-flavonoide-quercetina-se-encuentra-en-muchas-plantas-puede-ser-beneficioso-en-la-terapia-an.jpg>

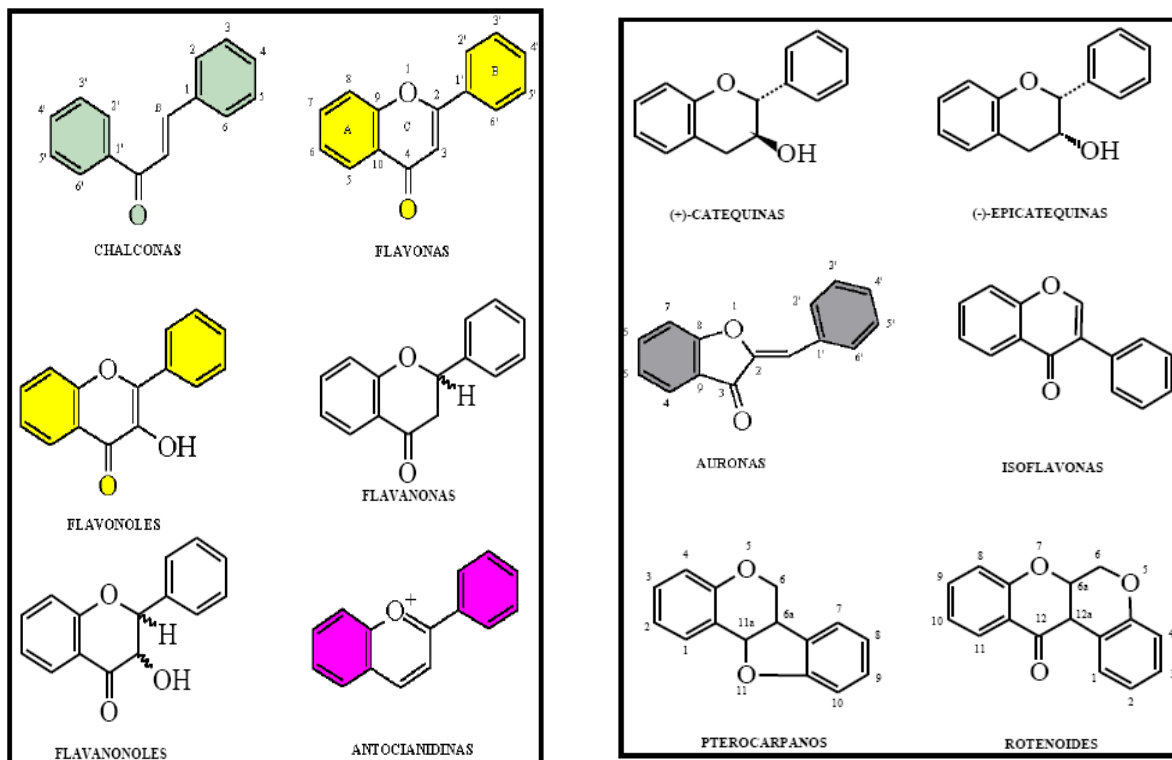


Figura N° 25: Estructuras básicas de varias clases de flavonoides

La mayoría de flavonoides poseen nombres triviales con la terminación INA u OL. Estos nombres les han sido asignados por los investigadores que los han ido descubriendo uno a uno en la naturaleza. Por ejemplo la acacetina (Figura 23) se identificó por primera vez en una planta del género *Acacia* y se clasifica como una flavona. La quercetina es un flavonol identificado inicialmente en una planta del género *Quercus*. La naringenina es una flavanona aislada inicialmente en la naranja. El eriodictiol es una flavanona y se aisló inicialmente en una planta del género *Eriodictyon*. Sin embargo, esta clase de nombres no es muy útil cuando se requiere información sistemática de estas sustancias, por lo cual los químicos han convenido llamarlos con nombres que representen su estructura química. Así por ejemplo la acacetina corresponde a la 5,7-dihidroxi-4'-metoxiflavona; la quercetina al 5,7,3',4'-tetrahidroxiflavonol; la naringenina a la 5,7,4'-trihidroxiflavanona, etc. (Martínez, 2005)

Hasta ahora hemos visto aspectos relacionados con la estructura simple de los flavonoides, sin embargo dentro de las plantas los estudios han mostrado que estas sustancias se encuentran la mayoría de las veces, ligados a moléculas de

carbohidratos. A este tipo de combinación núcleo flavonoide básico + una o varias unidades de carbohidratos, se les denomina Glicósidos, y cuando no tienen ligadas moléculas de carbohidratos se las denomina Agliconas Flavonoides. Por ejemplo los que mencionamos anteriormente (acacetina, eriodictiol, quercetina, naringenina, etc.) son agliconas flavonoides. Un ejemplo de glicósido es la vitexina que corresponde al 8-C-b-Dglucopiranosido de apigenina. Como puede intuirse, la nomenclatura de los glicósidos es más compleja que la de las agliconas. (Martínez, 2005)

c) Clasificación de Flavonoides

Para su estudio sistemático los más de 4000 flavonoides naturales se han clasificado en varias clases de acuerdo con las variantes estructurales que presenta la cadena central C₃ (Figura N° 23). De acuerdo con esto los flavonoides se clasifican en varios grupos: Chalconas, flavonas, flavonoles, flavanonas, flavanonoles, antocianidinas, catequinas, epicatequinas, auronas, isoflavonoides, pterocarpanos, rotenoides, etc. (Martínez, 2005)

➤ Flavanas

Las flavanas son compuestos pertenecientes a la clase de los flavonoides que se caracterizan

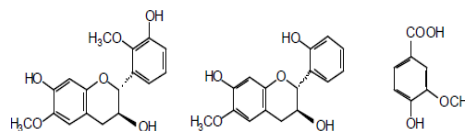


Figura N° 26: Estructura de flavanas

por presentar un anillo aromático con ausencia de carbonilo. Pueden ser clasificadas en flavanas hidroxiladas o metiladas, metiladas, y glicosiladas.

Se encuentra presente en especies como la *Cratylia mollis*, que es un arbusto perteneciente a la familia Leguminosae, que se desarrolla en América del Sur y es conocido popularmente como “camaratu” y es destinado para la alimentación de los caprinos y ovinos en época seca. (Rezende, 2010)

➤ Flavonas

Poseen un grupo carbonilo en posición 4 del anillo C y carecen del grupo hidroxilo en posición C3

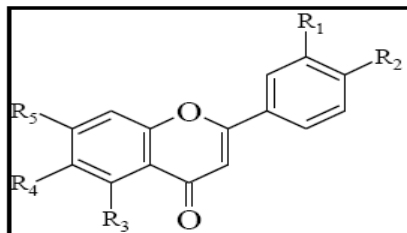


Figura N° 27: Estructura básica de flavonas

En el siguiente cuadro se muestra las principales flavonas. (Martínez A, 2005)

Cuadro N° 11: Principales flavonas

Nombre trivial	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Fuente
Cristina	-	-	OH	-	OH	Populus
Baicaleína	-	-	OH	OH	OH	Scutellaria
Apigenina	-	OH	OH	-	OH	Petroselinum
Acacetina	-	OMe	OH	-	OH	Robinia
Escutelareína	-	OH	OH	OH	OH	Scutellaria
Hispidulina	-	OMe	OH	OH	OH	Ambrosia
Luteolina	OH	OH	OH	-	OH	Reseda
Crisoeriol	OMe	OH	OH	-	OH	Eriodictyon
Diosmetina	OH	OMe	OH	-	OH	Diosma

➤ Flavononas

Son llamados también *citroflavonoides* como el limoneno, hesperitina, rutina y naranjina o naringenina. El sabor amargo de la naranja, del limón y el de la toronja lo otorga la naranjina; y el limoneno se ha aislado de la lima y el limón. (Escamilla, 2009)

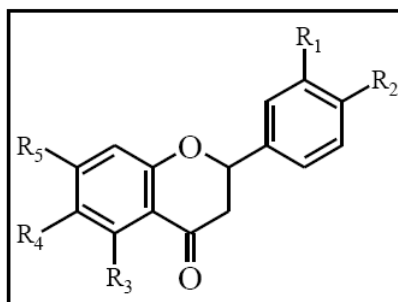


Figura N° 28: Estructura de una flavonona)

Cuadro N° 12: Principales Flavononas

Nombre trivial	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	Fuente
Pinocembrina	--	--	OH	--	OH	<i>Pinus</i>
Liquiritigenina	--	OH	--	--	OH	<i>Glycyrriza</i>
Naringenina	--	OH	OH	--	OH	<i>Prunus</i>
Sakuranetina	--	OH	OH	--	OMe	<i>Prunus</i>
Eriodictiol	OH	OH	OH	--	OH	<i>Eriodictyon</i>
Hesperetina	OH	OMe	OH	--	OH	<i>Prunus</i>

También con acción diurética y antihipertensiva de la hesperitina, presente en los cítricos como la naranja y los cítricos.

➤ **Flavonoles**

Grupo carbonilo en posición 4 y un grupo –OH en posición 3 del anillo C

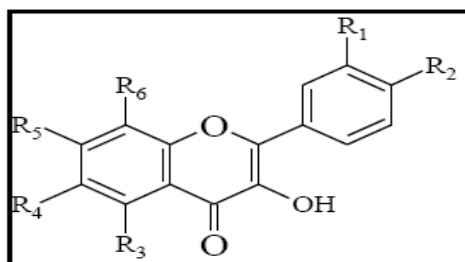


Figura N° 29: Estructura básica de flavonoles

Cuadro N° 13: Principales flavonoles

Nombre trivial	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	Fuente
Galangina	--	--	OH	--	OH	--	<i>Alpinia</i>
Fisetina	OH	OH	--	--	OH	--	<i>Rhus</i>
Kaemferol	--	OH	OH	--	OH	--	<i>Delphinium</i>
Herbacetina	--	OH	OH	--	OH	OH	<i>Gossypium</i>
Quercetina	OH	OH	OH	--	OH	--	<i>Quercus</i>
Ramnetina	OH	OH	OH	--	OMe	--	<i>Rhamnus</i>
Quercetagetina	OH	OH	OH	OH	OH	--	<i>Tagetes</i>
Gossipetina	OMe	OH	OH	--	OH	OH	<i>Gossypium</i>
Isorramnetina	OH	OMe	OH	--	OH	--	<i>Cheiranthus</i>

El valor medio de la ingesta de flavonoides es de 23 mg al día. El principal flavonoide consumido es la quercetina, siendo el té su principal fuente. (Escamilla, 2009)

El kaemferol se encuentra en brócoles, puerros, endibias, remolacha roja y rábanos. (Escamilla, 2009)

Algunos flavonoles son conocidos como *citroflavonoides* como la quercetina. (Escamilla, 2009).

La quercetina ha mostrado efectos antiinflamatorios. La inflamación es mediada parcialmente por la liberación de histamina. La quercetina puede estabilizar las membranas de las células que liberan la histamina, reduciendo su liberación. También afectan la síntesis de leucotrienos. (Martínez A, 2005)

La quercetina también inhibe la enzima que convierte glucosa en sorbitol, un compuesto que está relacionado con las complicaciones diabéticas, incluyendo las cataratas. Varios compuestos químicamente relacionados con la quercetina han mostrado que inhiben la formación de cataratas en animales diabéticos. La quercetina también mejora la secreción de insulina y protege las células pancreáticas del daño por radicales libres. También existen estudios que demuestran su acción benéfica en el tratamiento de tumores en próstata. (Martínez A, 2005)

➤ **Isoflavonoides**

Los isoflavonoides a su vez se clasifican en:

- Isoflavononas
- Isoflavanas
 - **Isoflavonas**

Se clasifican a su vez en

- Daidceina
- Genisteina
- Gliciteina

Las Isoflavonas de soja según Allen Doisey (en 1923) describe productos derivados de las plantas con actividad estrogénica, entre los cuales están las isoflavonas de soja. Las isoflavonas son sustancias diferentes a los esteroides

endógenos humanos con capacidad de unirse a los receptores estrogénicos. Sus más importantes son *genisteína* y *daiceína*.

Se pueden clasificar como moduladores selectivos de los receptores de estrógeno. Son compuestos no esteroideos con actividad 100 a 1000 veces menor que el estradiol. Pertenecen químicamente al grupo de los polifenoles.

Además de su efecto estrogénico, las isoflavonas mejoran la perfusión arterial sistémica, una medida directa de la flexibilidad de las grandes arterias centrales y un predictor independiente del riesgo de enfermedad coronaria.

La genisteína es una isoflavona abundante en la soja y en sus derivados. Se ha visto que esta isoflavona mejora los parámetros de neoformación ósea y reduce los indicadores de resorción. Recientemente se descubrió que la genisteína mejora significativamente la función endotelial. Una de las principales causas de arteriosclerosis es la disminución de la misma. También se ha demostrado que las isoflavonas (debido a su estructura análoga a la actividad estrogénica) presentan propiedades hipocolesterolémicas debido a que disminuyen el LDL.

A los efectos terapéuticos de las isoflavonas sobre la función cardiovascular se debería agregar la función antioxidante que cumplen, previniendo la oxidación de los LDL por lo que se limita la formación de ateromas. Se han presentados evidencias de que juegan un rol beneficioso en la obesidad y la diabetes. Estudios de intervención nutricional realizados en animales y en humanos sugieren que la ingesta de proteínas de soja asociada con isoflavonas, mejora el control de la glucosa (reduciendo la insulina en suero) y la resistencia a la insulina.

La proteína de soja también aparece como moduladora de la hiperglucemia y reduce el peso corporal, la hiperlipemia y la hiperinsulinemia, manteniendo efectos beneficiosos sobre la obesidad y la diabetes. Parecería que las isoflavonas actuarían a través de varios mecanismos que modulan la secreción de insulina pancreática o a través de acciones antioxidantes. (Wikipedia)

Las isoflavonas son compuestos naturales que pueden actuar como estrógenos en el cuerpo. La forma en la que ingerimos las isoflavonas es como glicósido de isoflavona y se rompe por la acción de bacterias en el intestino delgado para formar daidzeína, genisteína y gliciteína (Figura 30. La daidzeína puede formar, gracias a bacterias también, dos formas de isoflavonas: equol) y Odesmetilangolensina. (Salazar, 2006)

Los antibióticos pueden reducir la habilidad de las bacterias intestinales para convertir las isoflavonas en los compuestos antes mencionados y disminuir su acción, por lo tanto, no se recomienda el uso de antibióticos durante un tratamiento con isoflavonas. (Salazar, 2006)

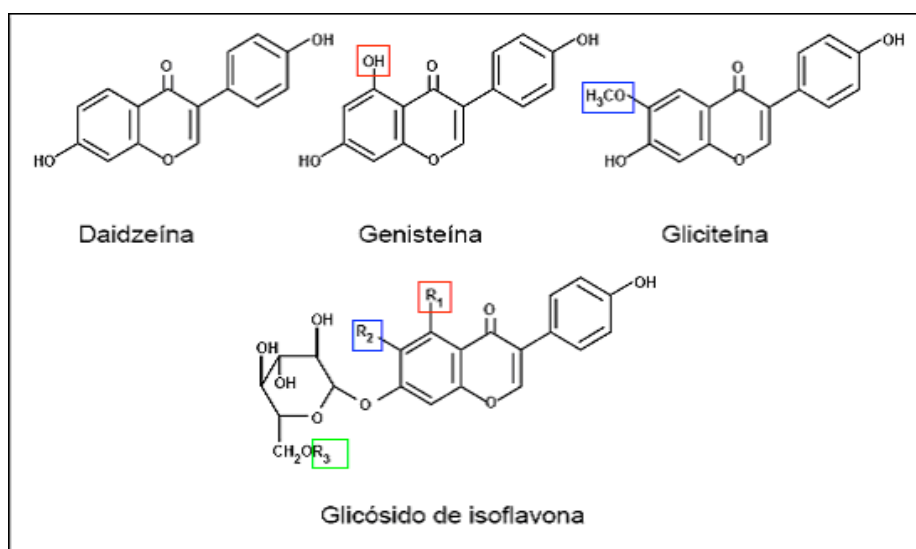


Figura N° 30: Estructura de las isoflavonas y del glicósido de isoflavona

- **Rutenoides**

El uso de la rutina para el tratamiento de la fragilidad capilar es motivo de controversia, pero sin embargo es utilizada para el tratamiento de la hipertensión y en geriatría.

Presentes en los alimentos de soja como tofu, leche, porotos, proteína vegetal, tempeh, miso y harina.

➤ **Chalconas**

El compuesto 1,3-difenil-2-propen-1-ona se conoce con el nombre específico de “chalcona”. Muchos flavonoides naturales comparten características estructurales con la chalcona y se conocen con el término genérico de “chalconas”.

También se ha demostrado recientemente que, ciertos flavonoides, incluso los que se clasifican como chalconas, tienen una actividad anticancerígena (Cancer Research, 48, 5754, 1988) y actividad quimiopreventiva en algunos tumores, (J. Nat. Prod., 53, 23, 1990), citado por (Oficina Española de Patentes y Marcas).

➤ **Catequinas (Flavanos)**

Con un grupo –OH en posición 3 del anillo C. (Escamilla, 2009). Un trabajo recientemente publicado por un grupo de investigadores de la Universidad de Agricultura de Nanjing, describe una metodología que permitió encapsular las catequinas del té verde en nanopartículas. Esta formulación aumentaría la eficacia de las mismas por vía oral al controlar que su liberación ocurra en condiciones que aseguren su absorción como tales, es decir protegiéndolos de la acción del sistema digestivo que resultaría en la producción de metabolitos inactivos. (Bing, 2008)

El té verde contiene entre 30 y 40% de polifenoles solubles en agua, mientras que el té negro (té verde oxidado por fermentación) contiene solamente entre 3 y 20%. Por otro lado el té oolong es semi-fermentado y contiene cantidades que oscilan entre los valores del té verde y el té negro.

Los cuatro polifenoles principales que se encuentran en las hojas frescas del té son el galato de epigallocatequina (EGCG), la epigallocatequina (EGC), epicatequina galato (ECG) y epicatequina (EC). Los resultados de estudios realizados con estos compuestos indican que los mismos tendrían una actividad protectora contra la enfermedad de Alzheimer y ciertos tipos de tumores malignos, además de mejorar el sistema cardiovascular y contribuir a controlar la obesidad.

Sin embargo, la biodisponibilidad de los mismos por vía oral es muy baja, encontrándose en el orden del 2 a 5 % de lo ingerido, ya que son hidrolizados en su paso por el sistema digestivo. (Bing, 2008)

➤ Antocianidinas - Antocianinas

Es un grupo de pigmentos flavonoides hidrosolubles (glucósidos) que están en solución en las vacuolas de las células vegetales de frutos, flores, tallos y hojas. Está presente en la uva, cerezas, kiwis y ciruelas.

Tiene un grupo –OH unido en posición 3, pero además poseen un doble enlace entre los carbonos 3 y 4 del anillo C.

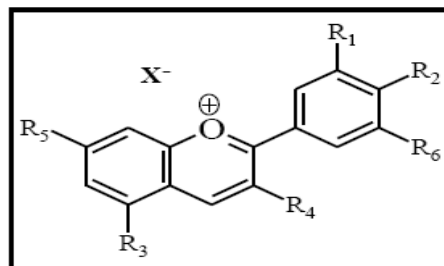


Figura N° 31: Estructura básica de Antocianidinas

Cuadro N° 14: Principales antocianinas

Nombre trivial	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	Fuente
Apigenidina	--	OH	OH	--	OH	--	<i>Reichsteineria</i>
Luteolinidina	OH	OH	OH	--	OH	--	<i>Reichsteineria</i>
Pelargonidina	--	OH	OH	OH	OH	--	<i>Pelargonium</i>
Cianidina	OH	OH	OH	OH	OH	--	<i>Centaurea</i>
Peonidina	OMe	OH	OH	OH	OH	--	<i>Paeonia</i>
Delfinidina	OH	OH	OH	OH	OH	OH	<i>Delphinium</i>
Petundina	OMe	OH	OH	OH	OH	OH	<i>Petunia</i>
Malvidina	OMe	OH	OMe	OH	OH	OMe	<i>Malva</i>

Las antocianinas son glucósidos de antocianidinas, pertenecientes a la familia de los flavonoides, compuestos por dos anillos aromáticos A y B unidos por una cadena de 3 C. Variaciones estructurales del anillo B resultan en seis antocianidinas conocidas (Figura N° 11). (Martínez, 2005)

El color de las antocianinas depende del número y orientación de los grupos hidroxilo y metoxilo de la molécula. Incrementos en la hidroxilación producen desplazamientos hacia tonalidades azules mientras que incrementos en las metoxilaciones producen coloraciones rojas. (Garzón, 2008)

En la naturaleza, las antocianinas siempre presentan sustituciones glicosídicas en las posiciones 3 y/o 5 con mono, di o trisacáridos que incrementan su solubilidad. Dentro de los sacáridos glicosilantes se encuentran la glucosa, galactosa, xilosa, ramnosa, arabinosa, rutinosa, soforosa, sambubiosa y gentobiosa. Otra posible variación en la estructura es la acilación de los residuos de azúcares de la molécula con ácidos orgánicos.

Los ácidos orgánicos pueden ser alifáticos, tales como: malónico, acético, málico, succínico u oxálico; o aromáticos: p-coumárico, caféico, ferúlico, sinápico, gálico, o p-hidroxibenzóico. Stintzing *et al.*, 2002, demostraron que el tipo de sustitución glicosídica y de acilación producen efectos en el tono de las antocianinas; es así como sustituciones glicosídicas en la posición 5 al igual que acilaciones aromáticas, producen un desplazamiento hacia las tonalidades púrpura. (Garzón, 2008).

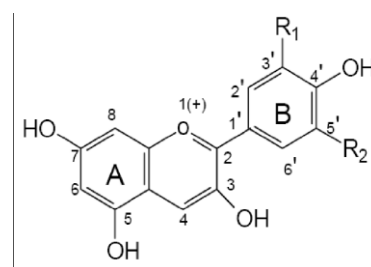


Figura N° 32: Estructura y sustituyentes de las antocianinas (Durst y Wrolstad, 2001)

➤ **Ácido elágico**

Se encuentra en frutas como la uva y las hortalizas. Tiene propiedades antioxidantes y hemostáticas. En algunos países se utiliza como suplemento alimentario atribuyéndole propiedades antitumorales. Está presente en la frutilla (fresas), frambuesa, cerezas, uvas, kiwis, arándanos y bayas.

d) Fuentes

Los flavonoides se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas verdes (especialmente las angiospermas), y sólo algunos pocos se han detectado en hongos y algas. Se han encontrado en las diferentes partes de las plantas, especialmente en las partes aéreas; y se les encuentra en forma libre (también llamados agliconas flavonoides), como glicósidos (la mayoría de las veces), como sulfatos y algunas veces como dímeros y polímeros. Los glicósidos pueden ser de dos clases: con los carbohidratos ligados a través de átomos de oxígeno (enlace hemiacetal) es decir como O-glicósidos; o con los carbohidratos ligados a través de enlaces C-C, es decir como C-glicósidos. De todas estas formas naturales, los O-glicósidos son los

más comunes de hallar. Las antocianinas por su parte se encuentran como sales principalmente en flores, frutos y tejidos con coloraciones que van del rojo hasta el violeta y el azul. Muy pocas veces se encuentran varias clases de flavonoides en un mismo tejido vegetal, sin embargo de las raíces de *Lonchocarpus subglauscens* (leguminosas) se aislaron varias flavonas, flavonoles, isoflavonas, rotenoides, chalconas y flavanoles. (Martínez, 2005)

Se encuentran presentes en muchos alimentos como:

- **Té verde**

El té verde contiene varias sustancias polifenólicas que tienen efectos benéficos, incluyendo la protección contra enfermedades del corazón. Además se ha demostrado que disminuye los niveles de colesterol, por ejemplo en una investigación realizada en Japón, donde se consume habitualmente. (Martínez, 2005)

- **Soya**

La soya contiene un tipo de flavonoides denominados como isoflavonas. Estas a su vez se las refiere como fitoestrógenos, debido a que tienen propiedades estrogénicas y antiestrogénicas. Cuando los niveles circulantes de estrógenos son altos, como en el caso de las mujeres premenopáusicas, estos compuestos pueden ligar receptores estrogénicos y bloquear la acción de la hormona. En cambio, cuando los niveles de estrógenos son bajos, como en el caso de las mujeres post-menopáusicas los fitoestrógenos actúan estrogénicamente. Los compuestos fitoestrogénicos de la soya incluyen la genisteína y la daidzeína. Las evidencias obtenidas a partir de experimentos de biología celular y molecular, experimentos con animales, y ensayos clínicos con humanos, sugieren que los fitoestrógenos pueden ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares, cáncer, osteoporosis y síntomas de la menopausia. Los estudios epidemiológicos sugieren que las tasas de estas enfermedades son más bajas entre poblaciones que consumen dietas ricas en vegetales, particularmente en culturas como la China y la japonesa, las cuales consumen habitualmente productos a partir de soya. Además la soya contiene los fitoesteroles, los cuales han demostrado que disminuyen el colesterol sanguíneo,

posiblemente por un mecanismo competitivo con el colesterol dietario. (Martínez, 2005)

Los productos de la soya también pueden reducir la oxidación del colesterol LDL e inhibir el acumulamiento excesivo de las plaquetas, dos procesos que disminuyen el proceso arterioesclerótico. Además mejoran el funcionamiento de las arterias. (Martínez, 2005)

El consumo de soya también disminuye el riesgo de cáncer, particularmente los dependientes de hormonas como el de seno y el de próstata. También se ha encontrado relación entre el alto consumo de productos a base de soya y la menor incidencia de síntomas menopáusicos y osteoporosis, por ejemplo en mujeres japonesas. En el caso del cáncer de próstata, existe controversia sobre su efecto benéfico, pues existen autores que asocian los isoflavonoides con la promoción de tumores. (Martínez, 2005)

e) Propiedades físicas

Las propiedades físicas dependen de la clase de flavonoide considerado su forma. Por ejemplo las flavonas, flavonoles y auronas, debido al sistema conjugado son compuestos sólidos con colores que comprenden desde el amarillo muy tenue hasta el rojo. Las antocianidinas son de colores rojo intenso, morado, violeta y azul. Las flavanonas y flavanonoles debido al carbono quiral C-2 presentan el fenómeno de la rotación óptica. Los glicósidos son en general sólidos amorfos, mientras que las agliconas y los altamente metoxilados son cristalinos. (Martínez, 2005)

La solubilidad depende de la forma en que se encuentren y el número y clase de sustituyentes presentes. Los glicósidos, las antocianidinas y los sulfatos son solubles en agua y alcohol. Las agliconas flavonoides altamente hidroxiladas son solubles en alcohol (etanol, metanol y n-butanol), mientras que las poco hidroxiladas lo son en solventes como éter etílico, acetato de etilo y acetona. Las agliconas flavonoides altamente metoxiladas son solubles en solventes menos polares como el éter de petróleo y el cloroformo.

Los flavonoides con hidroxilos fenólicos son solubles en soluciones alcalinas, pero algunos altamente hidroxilados se descomponen por acción de las bases fuertes, un hecho que permite reconocerlos y diferenciarlos de otros, y que hace años se utilizó para su elucidación estructural. Los glicósidos flavonoides son sólidos amorfos que se funden con descomposición, mientras que las correspondientes agliconas son sólidos cristalinos (Martínez, 2005)

f) Utilidad de los Flavonoides

Sin saberlo la humanidad ha consumido casi a diario esta clase de sustancias, pero como muchas otras que son conocidas para los científicos permanecen desconocidas para el ciudadano común. Como el objetivo de este texto es llegar no sólo al auditorio académico-científico, sino también a ese ciudadano común, a continuación trataré de usar un lenguaje de comprensión general, y para mostrar la utilidad de los flavonoides hablaré de sus beneficios para la salud, muy especialmente lo relacionado en las investigaciones más recientemente publicadas. (Martínez, 2005)

A continuación se resumen algunas de las acciones benéficas de los Flavonoides para nuestro organismo y nuestra salud:

- **Efectos en los vasos sanguíneos**

Los flavonoides son importantes para la salud de los vasos sanguíneos. Regulan la permeabilidad del capilar, por eso detienen el flujo de proteínas y células de sangre, pero permiten el flujo de oxígeno, dióxido de carbono y otros nutrientes. Muchos Flavonoides incrementan la fortaleza de los vasos capilares, previniéndolos de cerrarse fácilmente. Esto es en parte debido a que ciertos flavonoides tienen una acción similar a la de la vitamina C. Esto puede ayudar a proteger los vasos sanguíneos contra las infecciones y las enfermedades. (Martínez, 2005)

Los flavonoides también puede relajar el músculo liso del sistema cardiovascular, disminuyendo así la presión de la sangre. Esto también mejora la circulación en el

propio corazón. Los flavonoides son antioxidantes y también pueden prevenir la oxidación del colesterol LDL, previniendo el aumento de placa arterioesclerótica. También pueden detener el agrupamiento de las plaquetas de sangre, reduciendo la coagulación de la sangre y el daño de los vasos sanguíneos. (Martínez, 2005)

- **Efectos anti-inflamatorios**

A los Flavonoides se les ha asociado con la acción antiinflamatoria, y es de las más estudiadas. Existen varios ejemplos que demuestran con evidencia experimental entre ellos están por ejemplo: Algunos dímeros flavonoides (biflavonoides) como el diinsinisol, isoflavanquinonas, (Martínez, 2005)

Las propiedades anti-inflamatorias de los flavonoides se deben a su acción antioxidante y a su habilidad de actuar contra las histaminas y otros mediadores de inflamación, como las prostaglandinas y los leucotrienos. (Martínez, 2005)

- **Sistema cardiovascular**

Los flavonoides son importantes para mantener sanos los conductos sanguíneos. Regulan la permeabilidad capilar. Muchos de ellos incrementan la resistencia de los capilares evitando que se plieguen o aplanen. Esto es debido en parte a que ciertos flavonoides mejoran la acción de la vitamina C. Estos efectos ayudan a proteger contra infecciones y enfermedades de los vasos sanguíneos.

Los flavonoides también ejercen una acción relajante del músculo liso del sistema cardiovascular, lo que lleva a la disminución de la presión sanguínea. Esta acción mejora también la circulación del mismo corazón. Por su efecto autoxidante y pueden evitar la oxidación del colesterol LDL, lo que a su vez previene la formación de la denominada placa arterioesclerótica. También pueden evitar la acumulación excesiva de las plaquetas, evitando así el daño de los vasos sanguíneos y la coagulación de la sangre. (Martínez, 2005)

- **Fuentes dietarias más comunes**

Los flavonoides se encuentran en la pulpa comestible de frutos como los cítricos, cerezas, uvas, albaricoques, grosellas negras, etc. La pimienta verde, el brócoli, las cebollas y los tomates son buenas fuentes vegetales, como también el trigo sarraceno. El té verde y el vino tinto también contienen varios flavonoides. Muchas plantas aromáticas también contienen flavonoides, y en ellas estos contribuyen a sus efectos terapéuticos. Entre estas se incluyen el ginkgo, espino, cardo, etc. (Martínez, 2005)

- **Desórdenes cardiovasculares**

Debido a sus propiedades antioxidantes, los flavonoides protegen contra enfermedades del corazón, lo que explica la denominada “paradoja francesa”. Esta se refiere al hecho de que como los franceses consumen dietas más ricas en grasas saturadas, y tienen mayores niveles de colesterol y presión arterial más alta que por ejemplo los norteamericanos, tienen 2.5 veces menos incidencias de enfermedades coronarias.

El vino tinto es una buena fuente de flavonoides y muchas personas han sugerido que el amplio consumo de vino tinto por parte de los franceses, los protege de enfermedad coronaria. Existen varios estudios que demuestran que el consumo diario de uno o dos vasos de vino tinto, protegen contra el infarto cardíaco y parece probable que precisamente el vino tinto es más efectivo que el vino blanco, lo que de alguna manera descarta que la acción benéfica sea debida al alcohol.

Una investigación que involucró a 805 hombres de 65 a 84 años de edad en 1985, y con un seguimiento clínico durante 5 años, demostró que de ellos, los que más consumieron té, cebolla y manzanas, presentaron menos incidencia de riesgo de ataques cardíacos, que los que consumieron menores cantidades de tales vegetales.

El consumo de dietas ricas en flavonoides al parecer también protege contra el riesgo de paro cardíaco. Algunos estudios demuestran que el consumo de dietas ricas en flavonoides, especialmente quercetina, y más de 3 tazas de té negro al día, presentaron hasta un 75% de menor riesgo, comparados con aquellos que ingirieron menores cantidades de té negro.

Los flavonoides son útiles en el tratamiento de la hipertensión arterial debido a su efecto fortificante y tonificante en los vasos capilares. También en desórdenes circulatorios de la retina y el ojo. Son particularmente útiles en el tratamiento de problemas de las venas y capilares tales como las venas varicosas, insuficiencia venosa (disminución de la capacidad de retorno de la sangre desde las piernas hasta el corazón), y problemas en los ojos tales como la retinopatía originada por la diabetes. (Martínez, 2005)

- **Cáncer**

Los flavonoides también ayudan a proteger contra el cáncer. Muchas investigaciones han demostrado que varios flavonoides pueden inhibir la proliferación de células cancerosas. En una investigación en el estado de Iowa, EE.UU., se encontró que de 35000 mujeres post menopáusicas, aquellas que bebieron habitualmente más de dos tazas de té al día, el 32% presentó menos probabilidad de desarrollar cáncer de boca, esófago, estómago, colon y recto, y el 60% menor probabilidad de desarrollar cáncer del tracto urinario.

La cebolla es también rica en el contenido de flavonoides y hay estudios que demuestran que hombres y mujeres que consumen habitualmente la cebolla presentaron menor riesgo de cáncer estomacal. (Martínez, 2005)

- **Alergias y autoinmunidad**

Además de sus efectos antioxidantes, la capacidad de los flavonoides para afectar enzimas involucradas en la producción de sustancias antiinflamatorias significa que son útiles para el tratamiento de asma, alergias, artritis, etc. (Martínez, 2005)

- **Otros estudios**

Los flavonoides se han aislado de muchas drogas vegetales debido a que son productos naturales muy comunes. Su presencia en una droga vegetal no necesariamente explica sus propiedades farmacológicas. Se les ha

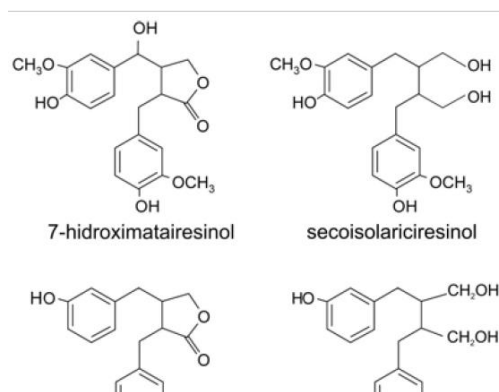


Figura N° 33: Estructura química de algunos lignanos

atribuido una cantidad de propiedades farmacológicas, incluyendo actividades inhibitoras de enzimas (hidrolasas, ciclooxygenasas⁶⁹, fosfatasa alcalina, cAMP fosfodiesterasas, ATP-ases, liasas, hidroxilasas, transferasas, oxidoreductasas y kinasas)⁷⁰, antiinflamatoria⁷¹, anticancerígena, antibacterially antiviral. La crisina se encuentra en el álamo (*Populus* sp.) y en la cereza salvaje (*Prunus* sp.), la apigenina en el perejil, el kaempferol en el sen, y la liquiritigenina en el regaliz. Larutina presente en la cáscara de los cítricos fue alguna vez considerada como la vitamina P, pero actualmente no se le reconoce como tal. Las flores de saúco (*Sambucus* *niger*), usadas para el tratamiento de resfriados, influenza y reumatismo, contienen varios glicósidos flavonoides. Una cantidad de isoflavonas (derivados de la 3-fenil-cromona) posee actividad estrogénica y producen esterilidad en las ovejas que consumen trébol. La silibina y la silimarina son flavolignanos constituyentes del cardosanto (*Silybum* *marianum*) el cual se utiliza ampliamente en Alemania para la protección del hígado. La quercetina y la rutina tienen efectos anticancerígenos potenciales. También existen algunas evidencias que los consumidores de vinos rojos y vino tinto presentan baja mortalidad por enfermedad coronaria, y que ello se debe a los compuestos fenólicos presentes, entre los cuales están los flavonoides catequina, epicatequina y quercetina. Las procianidinas presentes en las uvas tienen uso potencial en isquemias cardíacas. Esto ha llevado a que en Francia se elabore un producto denominado la "Paradoja francesa", al cual se le atribuyen propiedades benéficas para el tratamiento y prevención de enfermedades cardiovasculares. La soya contiene isoflavonoides antiestrogénicos y antimutagénicos. *Artemisia vulgaris* contiene flavonoides estrogénicos. El *Maytenus* *aquifolium*, denominada "espinheira-santa" en Brasil, donde es utilizada para dolencias estomacales, tiene acción contra úlceras en ensayos con ratones.

También se han reportado flavonoides que inhiben la agregación plaquetaria, con acción vasodilatadora (naringenina, eriodictyol y luteolina), con acción antiarrítmica, chalconas con acción antimicótica, antibacteriana, citotóxica y antimitótica, la 3-ramnosilquercetina presenta actividad antidiarréica, y antialérgica, flavonoles con actividad antiespasmolítica, isoflavonas y flavanonas antimicóticas, isoflavanos y flavanonas antimicrobianos y flavanos con actividad leishmanicida. Varios glicósidos del kaempferol, la quercetina y la miricetina inhiben la infección

por el virus VIH-192. Flavonoides como la quercetina, flavona, catequina y crisina parecen desempeñar un papel importante contra la acción de la morfina. Las antocianinas por sus características se han sugerido como colorantes de alimentos. Además se ha informado el uso potencial de ciertos flavonoides en cosméticos. Otras clases de flavonoides como los denominados rotenoides tienen uso como insecticidas. (Martínez, 2005)

B. LIGNANOS

Los lignanos son metabolitos secundarios de las plantas encontradas en una gran variedad de plantas que incluyen las semillas de lino, semillas de calabaza, semillas de ajonjolí, centeno, soya, brócoli, frijoles, y en algunas bayas. Aunque están ampliamente distribuidos en las citadas semillas, sus cantidades son muy reducidas, del orden de μg por cada gramo de producto seco.

Químicamente son sustancias polifenólicas, relacionadas con el metabolismo de la fenilalanina a través de la dimerización de alcoholes cinámicos sustituidos a un esqueleto de dibencilbutano. Esta reacción es catalizada por enzimas oxidativas y es usualmente controlada por proteínas de dirección. La estructura básica de estas sustancias son dos unidades C_6C_3 unidas por enlaces β, β' utilizadas para la nomenclatura de los lignanos.

Los lignanos son uno de los dos grupos principales de fitoestrógenos, que son antioxidantes. La otra clase de fitoestrogenos son las isoflavonas. Se atribuyen a los lignanos efectos antioxidantes que ayudan a combatir los efectos de los daños radicales libres. Sin embargo, algunos estudios clínicos no han mostrado efectos sobre los lípidos plasmáticos o sobre la capacidad antioxidante cuando se administran a mujeres postmenopáusicas sanas. Los lignanos secoisolariciresinol diglucosido (SDG) y sus metabolitos de lignanos mamalicos, enterodiol (ED) y enterolactona (EL) son compuestos fitoquímicos antioxidantes con potencial actividad anticancerígena que pueden imitar las funciones de las hormonas humanas, sin los efectos dañinos de estas. Los estudios realizados en modelos animales muestran que impide el crecimiento de tumores de mama y de próstata. En humanos parece que reduce la incidencia del cáncer de mama. (Wikipedia, 2014)

- **Fuentes**

Los lignanos están ampliamente distribuidos en el reino vegetal, juegan un papel importante en el crecimiento de las plantas y actúan como antioxidantes en el metabolismo humano. De hecho, el principal lignano de la linaza y las formas que se derivan de éste son todas antioxidantes. Los lignanos están relacionados a las ligninas, las cuales son elementos estructurales en las plantas.

La linaza es una de las fuentes más ricas de lignanos vegetales, al ser particularmente rica en el lignano secoisolariciresinol diglicósido (SDG). La linaza también contiene otros lignanos como: matairesinol, pinoresinol, lariciresinol, isolariciresinol y secoisolariciresinol (usualmente abreviado como Seco).

Cuadro N° 15: Contenido de lignanos en la linaza en mg por porción

LIGNANOS	TAMAÑO DE PORCIÓN		
	100 g	Una cucharada de semilla entera (11 g)	Una cucharada de semilla molida (8 g)
Secoisolariciresinol Diglicósido	82-2600	11-286	8-208
Matairesinol	0,15	0,02	0,01
Lariciresinol	2,8	0,3	0,2
Pinoresinol	0,7	0,1	0,1
Secoisolariciresinol	375	41	30
Lignanos totales	379	42	30

Fuente: Muir y Thompson LU, et al. (Citado por Revista Salud y Nutrición, 2011)

El contenido de lignanos totales en otros alimentos se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro N° 16: Fuentes de lignanos en los alimentos

Alimentos	Contenido de lignanos totales (mg/g)
Semilla de linaza	3790,0
Semilla de sésamo	80,0
Pan de linaza	72,4
Pan multigrano	47,9
Puré de garbanzo	9,8
Ajo	5,8
Albaricoques secos	4,0
Dátiles secos	3,2
Frijoles de soya	2,7

Semillas de girasol	2,1
Pistaches	2,0
Castañas	1,9
Pasas secas	1,8
Pan de centeno	1,4
Aceite de oliva	1,4
Calabaza de invierno	1,1

Fuente: Thompson LU, et al. (Citado por Revista Salud y Nutrición, 2011)

C. ESTILBENOS

El estilbeno es un hidrocarburo aromático, de fórmula $C_{14}H_{12}$, del que existen dos formas isómeras: el trans-1,2-difeniletileno (E-estilbeno) y el cis-1,2-difeniletileno (Z-estilbeno).

A esta familia pertenecen los polifenoles naturales presentes en muchas familias de plantas superiores (por ejemplo, el trans-resveratrol de la uva).

Junto a los bifenilos y fenantrenos, conforman la familia de los estilbenoides. El estilbeno es una de las sustancias utilizadas ilegalmente por algunos agricultores, tanto en forma libre como sus derivados (sales o ésteres). Esta sustancia está prohibida en diversos países (Francia). (Wikipedia, 2014)

D. RESVERATROL

Pertenece al grupo de los fitoquímicos, y dentro de ellos a los polifenoles (flavonoides o catequinas). De manera general, a estas sustancias de metabolismo desconocido se les atribuyen funciones antioxidantes y de inhibición enzimática (ciclooxigenasa, lipooxigenasa y xantina), al estabilizar las especies reactivas de oxígeno, y quelar el hierro y el cobre, que facilitan acciones pro-oxidantes.

Fuentes

El resveratrol (3,5,4'-trihidroxiestilbeno) es un potente antioxidante, un polifenol natural, elaborado por más de 70 especies de plantas en respuesta a situaciones estresantes (radiación ultravioleta, infecciones fúngicas). Se halla en las partes leñosas



Figura N° 34: La uva y el vino
fuentes de resveratrol

Imagen tomada del sitio
<https://laoveja100.files.wordpress.com/2012/06/8527227-vaso-de-vino-tinto-la-botella-y-la-uva-aislados-en-fondo-blanco1.jpg>

del pino, la vid, los frutos secos (nueces, cacahuetes), la piel de las uvas y en el vino, especialmente el vino tinto, en las moras y otros frutos silvestres. La cantidad de resveratrol en las diferentes fuentes es variable y depende de varios factores, así por ejemplo, en la piel de la uva depende del tipo de cultivo, origen geográfico, etc.

El resveratrol se encuentra en la naturaleza en forma de isómero cis- y trans, siendo la forma más habitual en la piel de la uva el trans-resveratrol.

Se considera que dos copas de vino equivalen a 400 mg de extracto de uva y que para obtener la dosis terapéutica, necesitaríamos tomar 1.000 botellas de vino.

Efectos biológicos

Los estudios realizados con resveratrol muestran que presenta efectos antioxidantes, antitrombogénicos, antiinflamatorios, antitumorales, antiosteoporóticos y antimicrobianos (bacterias, virus, hongos). (Millán, 2008)

E. XANTONAS

La xantona es un compuesto carbonílico que consiste en un heterociclo de xanteno oxidado en la posición 9. En 1939, la xantona fue introducida al mercado como insecticida y como ovicida y larvicida para la mariposa carpocapsa. La xantona se utiliza en la preparación del xantidrol, el cual es utilizado en la determinación de los niveles de urea en la sangre. (Wikipedia, 2014)

Las xantonas son importantes fitonutrientes con potentes propiedades antioxidantes que pertenecen a la clase de los bioflavonoides. Estos compuestos orgánicos, con fórmula molecular $C_{13}H_8O_2$, se pueden obtener artificialmente por síntesis química. Aunque se producen sintéticamente, las xantonas, sin embargo, se encuentran en compuestos naturales del reino vegetal.

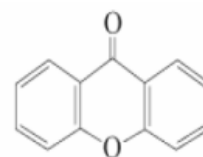


Figura N° 35: Estructura química de la xantona

Las xantonas (dibenzo y pironas) son elementos o componentes del metabolismo secundario de las plantas de la familia de las *Bonnetiaceae*, de las *Clusiaceae* y

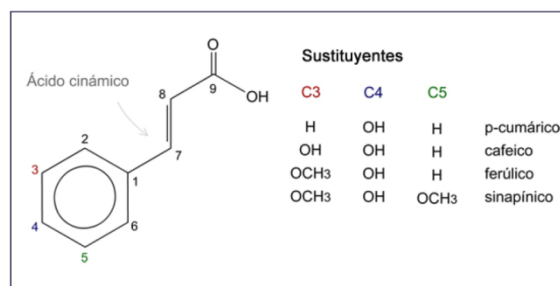
también en algunas especies de la familia de las *Podostemaceae*, que incluyen hongos, líquenes y las plantas superiores.

Hasta hoy, se han descubierto unos 200 xantonas, 40 de los cuales están presentes en la fruta del mangostán. Inicialmente se descubrieron cuando los científicos comenzaron a estudiar el uso terapéutico que los pueblos indígenas le daban a la fruta del mangostán.

La investigación científica comenzó alrededor de 1970 y aumentó gradualmente a medida que comenzaron a descubrir un mayor número de propiedades nutricionales en esta fruta. Han aumentado significativamente los hallazgos durante la última década, y todavía hay muchos estudios en marcha. Entre las actividades biológicas encontradas, se destaca la acción relacionada con un importante número de enzimas como las ciclooxigenasa-oxygenases (COX) y las mono -- aminoxidasas (MAO). También se ha encontrado en las xantonas propiedades relacionadas a la lucha contra la actividad microbiana, anti-hongos y anti-retrovirales, así como propiedades anti-hipertensión, anti-diabéticas, anti-inflamatorias, contra la malaria y contra los tumores. (www.jugomangostan.com)

F. ACIDO HIDROXICINAMICO

Los ácidos hidroxicinámicos son un grupo de compuestos presentes en la pared celular vegetal, cuyos principales representantes son el ácido ferúlico, p-cumárico, cafeico y sinápico, de los cuales



el ácido ferúlico y p-cumárico son los de mayor abundancia en la naturaleza. Están

formados básicamente por un anillo aromático, un grupo alifático y un ácido carboxílico en el extremo. Son denominados hidroxicinámicos por la sustitución del grupo -OH (hidroxilo) en el anillo aromático.

Figura N° 36: Ácidos hidroxicinámicos de mayor recurrencia en la naturaleza

Por lo general este tipo de compuestos se encuentran esterificados en la pared celular vegetal, por lo tanto, poseen una baja solubilidad. Otra forma en la que se encuentran presentes es como ácido clorogénico (ácido cafeico, preferentemente), son solubles y se presentan en altas concentraciones en bebidas como el café y el jugo de manzana.

Estas sustancias son benéficas para el organismo. Existe un grupo de enzimas secretadas por bacterias y hongos capaces de hidrolizar el enlace éster de los polisacáridos o del ácido clorogénico. Este grupo de enzimas se denomina cinamoil esterasas, cuyos principales representantes son la feruloil esterasa y la ácido clorogénico hidrolasa. (Wikipedia, 2014)

Aplicaciones

- En general los ácidos hidroxicinámicos son agentes antioxidantes; se ha descrito su rol en la prevención del cáncer de estómago.
- Por otro lado, se han realizado intentos de introducir por ingeniería genética genes que codifiquen cinamoil esterasas en cepas de bacterias (para su utilización como probiótico), a fin de aumentar la cantidad de antioxidantes en el plasma por la acción de estas bacterias que forman parte de la flora intestinal. (Wikipedia, 2014)

G. ACIDO HIDROXIBENZOICO O SALICÍLICO

El ácido salicílico (o ácido 2-hidroxibenzoico) recibe su nombre de *Salix*, la denominación latina del sauce de cuya corteza fue aislado por primera vez. Se trata de un sólido incoloro que suele cristalizar en forma de agujas. Tiene una buena solubilidad en etanol y éter. Este producto sirve como materia prima para la obtención del ácido acetilsalicílico, comercialmente conocido como Aspirina.

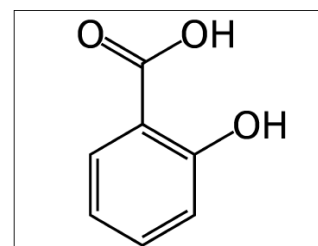


Figura N° 37: Ácido salicílico

Propiedades

Las propiedades medicinales del ácido salicílico (principalmente para alivio a la fiebre) se han conocido desde 1763. La sustancia ocurre en la corteza de los sauces; el nombre ácido salicílico se deriva de salix, el nombre en latín para los sauces.

El ácido acetilsalicílico se puede preparar a través de la esterificación del grupo hidroxil-fenólico del ácido salicílico. El subsalicílico en combinación con el bismuto forma un alivante popular estomacal conocido como el subsalicilato de bismuto (Bismutol, Pepto-Bismol, etc.). Al combinarse los dos ingredientes claves ayudan a controlar la diarrea, la náusea, y hasta las flatulencias. También es ligeramente antibiótico. Como antiséptico bucal, el ácido salicílico restituye el ácido protector de las mucosas, ejerciendo un efecto actuando en las mucosas afectadas de la boca y labios y es absorbido parcialmente por los mismos, ejerciendo así su acción antiséptica y desinfectante.

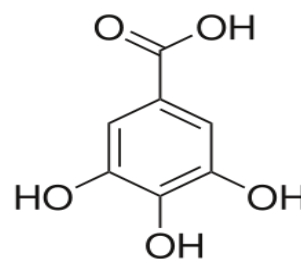


Figura N° 38: Estructura química del ácido gálico, un tanino

H. TANINOS

El término tanino fue originalmente utilizado para describir ciertas sustancias orgánicas que servían para convertir a las pieles crudas de animales en cuero, proceso conocido en inglés como tanning ("curtido" en español). Se extraen de las plantas con agua o con una mezcla de agua y alcohol, que luego se decanta y se deja evaporar a baja temperatura hasta obtener el producto final. Los taninos tienen un ligero olor característico, sabor amargo y astringente, y su color va desde el amarillo hasta el castaño oscuro. Expuestos al aire se tornan oscuros y pierden su efectividad para el curtido.

Los taninos se utilizan en el curtido porque reaccionan con las proteínas de colágeno presentes en las pieles de los animales, uniéndolas entre sí, de esta forma aumenta la resistencia de la piel al calor, a la putrefacción por agua, y al ataque por microbios.

Químicamente son metabolitos secundarios de las plantas, fenólicos, no nitrogenados, solubles en agua y no en alcohol ni solventes orgánicos. Abundan en las cortezas de los robles (donde están especialmente concentrados en las agallas) y los castaños, entre otros árboles. (Wikipedia, 2014)

Clasificación

La fórmula $C_{14}H_{14}O_{11}$, considerada en algunos libros como la del tanino común, es sólo aproximada, ya que son polímeros complejos. Hay dos categorías de taninos, clasificados basándose en su vía de biosíntesis y sus propiedades químicas: los taninos condensados y los taninos hidrolizables.

- Los taninos condensados (a veces también llamados proantocianidinas) son polímeros de un flavonoide llamado antocianidina. Es común encontrarlos en la madera de las plantas leñosas.
- Los taninos hidrolizables son polímeros heterogéneos formados por ácidos fenólicos, en particular ácido gálico, y azúcares simples. Son más pequeños que los taninos condensados y son hidrolizados con más facilidad, sólo basta ácido diluido para lograrlo. La mayoría tiene una masa molecular entre 600 y 3000.

Los taninos son muy potentes para limpiar nuestras arterias (consumo moderado de vino tinto). Se encuentran presente en el vino tinto, uvas, berries y lentejas.

Antioxidantes Sintetizados por el Organismo

1. UBIQUINONA O COENZIMA Q

La coenzima Q_{10} o ubiquinona es un compuesto liposoluble que puede ser aportado a través de muchos alimentos, aunque también puede ser sintetizado en el organismo humano. Los niveles de coenzima Q_{10} van disminuyendo con la edad, por lo que también se resienten los procesos metabólicos en los que se halla implicada. (Vilaplana, 2007)

Dada su liposolubilidad, su absorción es muy baja, especialmente cuando las dieta son pobres en grasa. Su actividad antioxidante principal radica en que, en su forma reducida, es un antioxidante liposoluble que inhibe la peroxidación lipídica en las membranas celulares y es especialmente importante su actividad impidiendo la oxidación de las LDL. También se encuentra en la mitocondria, donde podría proteger las proteínas de membrana y el ADN del daño oxidativo que acompaña la peroxidación lipídica en esas membranas. (Vilaplana, 2007)

Actúa también como estimulante del sistema inmunitario, y a través de esta estimulación funciona también como anticancerígeno. Además, es capaz de regenerar directamente el alfatocoferol. (Vilaplana, 2007)

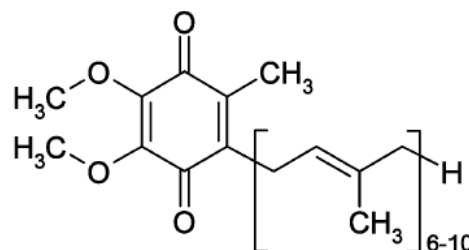


Figura N° 39: Estructura química de la ubiquinona

Propiedades químicas

Los diversos tipos de coenzimas Q pueden diferenciarse por el número de isoprenos que posee su cadena lateral. En la naturaleza se encuentran organismos con 6 unidades de isopreno (*Saccharomyces cerevisiae*), (*Escherichia coli*) o (*Caenorhabditis elegans*), o una combinación de 9 y 10 (*Mus musculus*). La forma de CoQ más común en humanos es la CoQ₁₀, aunque también se pueden encontrar pequeñas trazas de Q₉.

Esta molécula se denomina también ubiquinona ya que es producida por prácticamente todos los organismos con metabolismo respiratorio. En las células, al ser un lípido, se encuentra distribuido en todas las membranas celulares llevando a cabo diversas funciones relacionadas con su capacidad redox, es decir, la capacidad de alternar una forma oxidada (quinona) con una forma reducida (quinol).

Entre sus funciones podemos destacar un papel como transportador de electrones de la cadena de transporte electrónico ya que transporta en la membrana interna mitocondrial electrones desde el complejo I (NADH-reductasa) o el complejo II

(succinato deshidrogenasa) hasta el complejo III (coenzima Q - citocromo c reductasa). Además también participa como aceptor de electrones de la acetil-coenzima A deshidrogenasa implicada en la (beta-oxidación de ácidos grasos) y de la dihidro-orotato deshidrogenasa, enzima implicada en la (síntesis de nucleótidos). También se ha demostrado su implicación en la actividad de enzimas desacoplantes y en la apertura de poro mitocondrial y, por tanto, la regulación de la apoptosis. En otras membranas muestra una función antioxidante, ya sea de forma directa contra la formación de lipoperóxidos o de forma indirecta a través del reciclado de otros antioxidantes lipídicos como la vitamina E, o hidrosolubles como la vitamina C o ácido ascórbico. (Wikipedia, 2014)

2. GLUTATION

El glutatión (GSH) es un tripéptido no proteínico que se deriva de los aminoácidos. Contiene un enlace péptidico inusual entre el grupo amino de la cisteína y el grupo carboxilo de la cadena lateral del glutamato. El glutatión, un antioxidante,

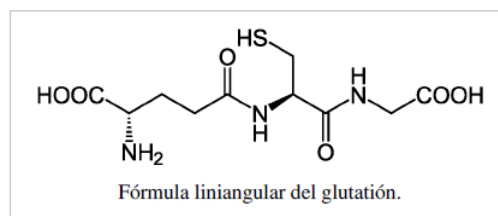
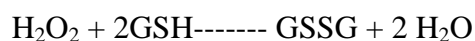


Figura N° 40: Estructura química del glutatión

ayuda a proteger las células de especies reactivas de oxígeno como los radicales libres y los peróxidos. El glutatión es nucleofílico en azufre y ataca los aceptores conjugados electrofílicos venenosos. Los grupos tiol se mantienen en un estado reducido a una concentración de aproximadamente ~ 5 mM en células animales. En efecto, el glutatión reduce cualquier enlace disulfuro formado dentro de proteínas citoplasmáticas de cisteínas, al actuar como un donante de electrones. En el proceso, el glutatión se convierte en su forma oxidada disulfuro de glutatión (GSSG). El glutatión se encuentra casi exclusivamente en su forma reducida, ya que la enzima que vuelve de su forma oxidada, la glutatión reductasa, es constitutivamente activa e inducible al estrés oxidativo. De hecho, la proporción de glutatión reducido a glutatión oxidado dentro de las células a menudo se utiliza científicamente como una medida de la toxicidad celular.



Función

El glutatión existe en los estados reducido (GSH) y oxidado (GSSG). En el estado reducido, el grupo tiol de la Cisteína es capaz de donar un equivalente de reducción ($H^+ + e^-$) a otras moléculas inestables, como las especies reactivas de oxígeno. En la donación de un electrón, el glutatión se convierte en reactivo, pero reacciona rápidamente con otro glutatión reactivo para formar disulfuro de glutatión (GSSG). Esta reacción es posible debido a la concentración relativamente alta de glutatión en las células (de hasta 5 mm en el hígado). El GSH puede regenerarse a partir de GSSG por la enzima glutatión reductasa.

En las células y tejidos sanos, más del 90% de glutatión total está en la forma reducida (GSH) y menos del 10% que existe en la forma disulfuro (GSSG). Un aumento de la proporción entre GSSG y GSH se considera un indicativo de estrés oxidativo.

Glutatión tiene múltiples funciones:

- Es el mayor antioxidante endógeno producido por las células, participando directamente en la neutralización de radicales libres y compuestos de oxígeno reactivo, así como el mantenimiento de los antioxidantes exógenos, como las vitaminas C y E en sus formas reducidas (activas).
- A través de la conjugación directa, desintoxica muchos xenobióticos (compuestos extraños) y los agentes carcinógenos, tanto orgánicos como inorgánicos.
- Es esencial en el sistema inmunológico para ejercer todo su potencial, por ejemplo, la modulación de la presentación de antígenos a los linfocitos, lo que influye en la producción de citoquinas y el tipo de respuesta (celular o humoral) que se desarrolla, aumentar la proliferación de los linfocitos, lo que aumenta la magnitud de la respuesta, aumentar la actividad de eliminación de las células T citotóxicas y las células NK, y la regulación de la apoptosis, manteniendo así el control de la respuesta inmune.
- Desempeña un papel fundamental en numerosas reacciones metabólicas y bioquímicas como la síntesis y reparación del ADN, la síntesis de proteínas, la síntesis de prostaglandinas, el transporte de aminoácidos y la activación de la

enzima. Por lo tanto, todos los sistemas del cuerpo pueden ser afectados por el estado del sistema de glutatión, especialmente el sistema inmunitario, el sistema nervioso, el sistema gastrointestinal y los pulmones. (Wikipedia, 2014)

3. ÁCIDO LIPOICO

El ácido lipoico o ácido tióctico es también un compuesto que forma parte del capital

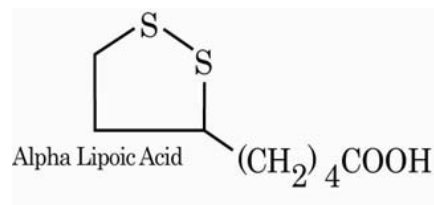


Figura N° 41: Estructura química del ácido α -lipoico

antioxidante del organismo. Numerosos estudios han mostrado el efecto protector

de glóbulos rojos y de ácidos grasos del daño oxidativo (típico del ejercicio intenso y de la excesiva exposición a los rayos ultravioletas del sol). (Vilaplana, 2007)

Es sintetizado por plantas y animales, así como por el organismo humano, aunque en este último caso en muy pequeña cantidad. Al ácido lipoico se le considera un buen regenerador de potentes antioxidantes como la vitamina C, la vitamina E, el glutatión y la coenzima Q₁₀. Es liposoluble e hidrosoluble, lo que significa que puede actuar en cualquier parte del organismo. Se encuentra en espinacas, brócoli, carne y levadura y ciertos órganos (como riñón y corazón). (Vilaplana, 2007).

El ácido alfa lipoico (ALA), también conocido como ácido tióctico o ácido lipoico, es una sustancia de uso relativamente frecuente en el campo de los suplementos que cada vez se está utilizando más entre los profesionales de la salud debido a sus múltiples propiedades. (Cobos, 2010)

Estructuralmente se trata de un ácido graso que contiene dos átomos de azufre. No es una vitamina ya que se puede sintetizar en el organismo a partir de ácido octanoico y se encuentra en todas las células, dónde participa en procesos bioquímicos de producción de energía (ayuda a las vitaminas B en la conversión de carbohidratos, proteínas y grasas en energía). Debido a que la capacidad del organismo de sintetizar esta sustancia es muy limitada y a partir de la dieta (espinacas, carne, hígado, levadura de cerveza) es difícil obtenerlo en cantidades terapéuticas, se suele recomendar su ingesta en forma de suplementos. (Cobos, 2010).

El Antioxidante Universal

El ácido alfa lipoico es un potente antioxidante, con una propiedad muy interesante, ya que actúa tanto en ambientes acuosos como lipídicos, a diferencia de la mayoría de antioxidantes que se restringen solamente a uno de los 2 ámbitos. Debido a esa propiedad se le considera el antioxidante universal.

Su acción antioxidante se da a tres niveles: mediante efecto antioxidante directo (al secuestrar directamente radicales libres), efecto antioxidante indirecto (es capaz de reciclar otros antioxidantes que se han destruido al neutralizar radicales libres, como la vitamina E, la glutatona, la co-enzima Q10 y la vitamina C) y mediante el incremento de la síntesis celular de glutatona al incrementar la expresión de la enzima limitante de su síntesis (Gamma-glutamylcisteína ligasa) y al aumentar la captación celular de cisteína (un aminoácido necesario para su síntesis).

Debido a que el estrés oxidativo se postula como al principal factor relacionado con el declive de las funciones fisiológicas, el uso de ácido alfa lipoico se relaciona con una mayor protección frente a radicales libres (sobre todo en personas mayores) y se está convirtiendo en un suplemento habitual dentro de programas anti-envejecimiento. (Cobos, 2010).

Minerales

Otros potentes antioxidantes son minerales como el cobre, manganeso, selenio, cinc y hierro. Estos minerales ejercen su función antioxidante en diversos procesos y pasos metabólicos en el organismo.

1. CINC O ZINC

a) Propiedades biológicas

El cinc es un elemento químico esencial de número atómico 30 y símbolo Zn situado en el grupo 12 de la tabla periódica de los elementos.

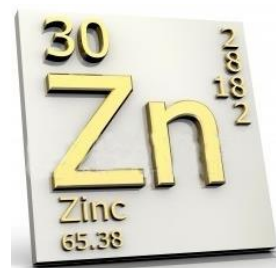


Figura N° 42: Símbolo químico del cinc

Imagen tomada del sitio
<http://www.vidanaturalia.com/wp-content/uploads/2014/05/Zinc-alimentos-funciones-y-suplementos-vidanaturalia.jpg>

El cinc es un elemento químico esencial para los seres humanos y ciertos animales. El cuerpo humano contiene alrededor de 40 mg de cinc por kg y muchas enzimas funcionan con su concurso: interviene en el metabolismo de proteínas y ácidos nucleicos, estimula la actividad de aproximadamente 100 enzimas, colabora en el buen funcionamiento del sistema inmunitario, es necesario para la cicatrización de las heridas, interviene en las percepciones del gusto y el olfato y en la síntesis del ADN. El metal se encuentra en la insulina, las proteínas dedo y diversas enzimas como la superóxido dismutasa.

Hay 2-4 g de cinc distribuidos en todo el cuerpo humano. La mayoría de cinc se encuentra en el cerebro, los músculos, los huesos, el riñón y el hígado, con las concentraciones más altas en la próstata y las partes del ojo. El semen es particularmente rico en cinc, siendo un factor clave en la correcta función de la glándula prostática y crecimiento de los órganos reproductivos.

El cinc aumenta la testosterona en sangre indirectamente, funcionando como coenzima en el metabolismo de las hormonas masculinas por medio de su formación a través de la hormona luteinizante (LH), que estimula las células de Leydig. También previene que la testosterona se degrade en estrógeno por medio de la enzima aromatasa.

En el cerebro, el cinc se almacena en determinadas vesículas sinápticas mediante neuronas glutamatérgicas y puede "modular la excitabilidad del cerebro". Desempeña un papel clave en la plasticidad sináptica y por lo tanto en el aprendizaje. Sin embargo, ha sido llamado el "caballo oscuro del cerebro" ya que también puede comportarse como una neurotoxina, lo que sugiere que la adecuada homeostasis del cinc desempeña un papel fundamental en el funcionamiento normal del cerebro y del sistema nervioso central. (Wikipedia, 2014)

b) Principales fuentes

El cinc se encuentra en diversos alimentos, especialmente en aquellos ricos en proteínas, ya que el cinc queda retenido entre las mismas, como las ostras, carnes rojas, carne de cerdo y cordero, aves de corral y algunos pescados y mariscos. Otras

fuentes ricas en cinc son las habas, nueces, granos enteros y levadura. Las frutas y las hortalizas no son habitualmente buenas fuentes, porque el cinc en las proteínas vegetales no tiene tanta biodisponibilidad para el ser humano como el cinc de las proteínas animales.

Los cereales integrales, las legumbres y los frutos secos son ricos en fitatos, que son conocidos bloqueantes del cinc. (Wikipedia, 2014)

El zinc está extensamente distribuido en alimentos y bebidas, pero tal como ocurre con otros elementos, los contenidos son tremendamente variables y en general bajos. Son los productos de origen marino, principalmente los mariscos (ostras y crustáceos), los alimentos más ricos en Zn, seguidos de las carnes rojas, derivados lácteos y huevos, y los cereales integrales. Los vegetales, con excepción de las leguminosas, no son alimentos que presenten contenidos en zinc altos. Por todo ello, las verduras, hortalizas y frutas, grasas, pescados y dulces son fuentes pobres de zinc. (Rubio, 2007)

La biodisponibilidad del cinc en el pan leudado es mayor que en los productos sin levadura, ya que el proceso de leudado activa la fitasa, que descompone el ácido fítico. El resultado es que mejora la biodisponibilidad del cinc.

La ingesta diaria recomendada de cinc ronda los 11-20 mg para adultos, menor para bebés, niños, adolescentes y mujeres adultas (por su menor peso corporal) y algo mayor para mujeres embarazadas y durante la lactancia. La absorción del cinc es muy variable (entre un 20 y un 30%), y aumenta cuando el consumo es bajo o cuando aumentan las necesidades. (Wikipedia, 2014)

Cuadro N° 17: Alimentos ricos en Cinc

Alimento	Contenido expresado en mg /100 g
Corazón de pollo	6,59
Hígado de cerdo	5,76
Soja	4,89
Comino	4,80
Lentejas grandes	4,78
Hígado de carnero	4,66

Carne de res	4,32
Leche descremada en polvo	4,08
Alverjón	4,01
Carne de cabra	4,00
Hígado de res	4,00
Frijol	3,67
Harina de habas	3,51
Chorizo	3,41
Leche entera en polvo	3,34
Hígado de pollo	3,07
Lengua de res	2,87
Queso parmesano duro	2,75
Yema de huevo de gallina	2,30
Yema de huevo de pata	2,30

Fuente: Instituto Nacional de Salud (2009)

La ingesta recomendada de zinc para un adulto se sitúa entre 8 mg/día para las mujeres y 11 mg/día para los hombres.

c) Capacidad antioxidantes

Interviene en más de 200 reacciones enzimáticas y su déficit aumenta la producción de especies oxidadas y del estrés oxidativo. (Vilaplana, 2007)

2. COBRE

a) Propiedades biológicas

El cobre posee un importante papel biológico en el proceso de fotosíntesis de las plantas, aunque no forma parte de la composición de la clorofila. El cobre contribuye a la formación de glóbulos rojos y al mantenimiento de los vasos sanguíneos, nervios, sistema inmunitario y huesos y por tanto es un oligoelemento esencial para la vida humana. (Wikipedia, 2014)

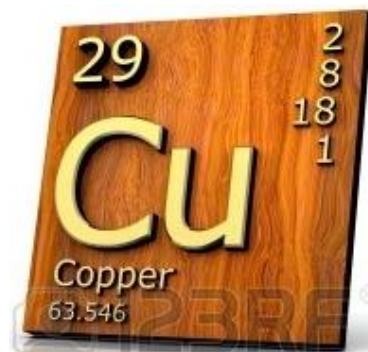


Figura N° 43: Símbolo químico del cobre

Imagen tomada del sitio
<http://us.123rf.com/400wm/400/400/fambros/fambros1005/fambros100500063/6973632-cobre-forma-tabla-peria-dica-de-los-elementos--board--3d-hecha-de-madera.jpg>

b) Principales fuentes

El cobre se encuentra en una gran cantidad de alimentos habituales de la dieta tales como ostras, mariscos, legumbres, vísceras y nueces entre otros, además del agua potable y por lo tanto es muy raro que se produzca una deficiencia de cobre en el organismo. El desequilibrio de cobre ocasiona en el organismo una enfermedad hepática conocida como enfermedad de Wilson. (Wikipedia, 2014)

c) Capacidad antioxidante

Participa en funciones de carácter antioxidante de la familia de enzimas denominada SOD (superóxido dismutasa), encargada de eliminar el anión superóxido. Potencia el sistema inmunitario, participa en la formación de enzimas, proteínas y neurotransmisores cerebrales (renovación celular y estimulante del sistema nervioso) y es un agente antiinflamatorio y antiinfeccioso. (Vilaplana, 2007)

Asimismo, facilita la síntesis de colágeno y de elastina (constituyentes necesarios para el buen estado de los vasos sanguíneos, del cartílago, de los pulmones y de la piel); actúa como antioxidante, protegiendo las células de los efectos tóxicos de los radicales libres, y facilita la fijación del calcio y del fósforo. (Vilaplana, 2007)

3. MANGANESO

a) Propiedades biológicas

El manganeso es un oligoelemento, es decir, un elemento químico esencial para todas las formas de vida. Se ha comprobado que el manganeso tiene un papel tanto estructural como enzimático. Está presente en distintas enzimas, destacando la superóxido dismutasa de manganeso (Mn-SOD), que cataliza la dismutación de superóxidos, O_2^- ; el Mn-catalasa, que cataliza la dismutación de peróxido de hidrógeno, H_2O_2 ; así como en la concavanila A (de la familia de las lectinas), en donde el manganeso tiene un papel estructural.



*Figura N° 44: Símbolo químico del manganeso
Imagen tomada del sitio
<http://imagen.pixmac.es/4/tabla-periodica-de-los-elementos-de-manganeso-pixmac-imagen-82207919.jpg>*

El cuerpo humano logra absorber el manganeso en el intestino delgado, acabando la mayor parte en el hígado, de donde se reparte a diferentes partes del organismo. Alrededor de 10 mg de manganeso son almacenados principalmente en el hígado y los riñones. En el cerebro humano el manganeso es unido a metaloproteínas de manganeso, siendo la más relevante la glutamina sintetasa en los astrocitos.

El manganeso es también importante en fotosíntesis oxigénica en las plantas. El complejo oxigénico es parte del fotosistema II contenido en las membranas de los cloroplastos; es responsable de la fotooxidación final del agua durante la fase luminosa de la fotosíntesis y tiene una metaloenzima con cuatro átomos de manganeso. Por esta razón, la mayoría de los fertilizantes contienen manganeso. (Wikipedia, 2014)

b) Principales fuentes

El manganeso es un elemento esencial, siendo necesario un aporte de entre 1 a 5 mg por día, cantidad que se consigue a través de los alimentos.

El manganeso en exceso es tóxico. Exposiciones prolongadas a compuestos de manganeso, de forma inhalada u oral, pueden provocar efectos adversos en el sistema nervioso, respiratorio, y otros.

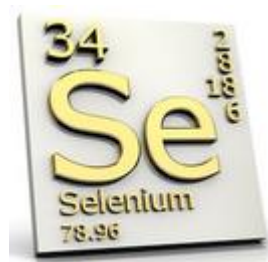
c) Capacidad antioxidante

También interviene en esta familia de enzimas, concretamente en las que están situadas en la mitocondria. (Vilaplana, 2007)

4. SELENIO

a) Papel Biológico

El selenio es un micronutriente para todas las formas de vida conocidas. Está presente en el aminoácido selenocisteína y también se puede encontrar como selenometionina, reemplazando al azufre de la cisteína y la metionina respectivamente. Forma parte de las enzimas glutatión peroxidasa y tioredoxina reductasa.



*Figura N° 45: Símbolo químico del selenio
Imagen tomada del sitio
<http://static.commentcamarche.net/salud.kioskea.net/faq/images/0-EY7YtOPi-selenium-s-.png>*

Es antioxidante, ayuda a neutralizar los radicales libres, induce la apoptosis, estimula el sistema inmunológico e interviene en el funcionamiento de la glándula tiroides. Las investigaciones realizadas sugieren la existencia de una correlación

entre el consumo de suplementos de selenio y la prevención del cáncer en humanos. Aún es tema de investigación, pero se sabe que la forma química en la que se encuentra el selenio (selenito, selenato o selenoaminoácidos) afecta a su absorción y a su posible toxicidad. Los datos actuales apuntan a que la forma orgánica (formando parte de proteínas como selenoaminoácidos) es la más beneficiosa para los animales. Además potencia el buen humor.

La deficiencia de selenio es relativamente rara, pero puede darse en pacientes con disfunciones intestinales severas o con nutrición exclusivamente parenteral, así como en poblaciones que dependan de alimentos cultivados en suelos pobres en selenio. La ingesta diaria recomendada para adultos es de 55-70 µg; más de 400 µg puede provocar efectos tóxicos (selenosis).

b) Principales fuentes

Todo el selenio de los alimentos proviene del suelo, que puede ser rico o también muy pobre en este elemento. El agua es generalmente de poca importancia en el suministro del mismo.

Entre los alimentos, los pescados y mariscos y los huevos son buenas fuentes, aunque muchos alimentos vegetales provenientes de zonas seleníferas tienen cantidades considerables de este elemento. La biodisponibilidad de las diversas fuentes vegetales y animales es similar. (Jaffé, 1992)

Se encuentra en el pan, los cereales, el pescado, las carnes, las lentejas, la cáscara de las patatas y los huevos.

c) Capacidad antioxidante

Interviene en la síntesis de enzimas relacionados con la función oxidativa, como es la glutatión peroxidasa, que como su nombre indica elimina grupos peróxidos, incluyendo el peróxido de oxígeno. Este mineral se incorpora a las proteínas en forma de selenoproteínas y, de este modo, ayuda a prevenir el daño celular.

Estudios epidemiológicos relacionan la falta de selenio en la dieta con un aumento de la incidencia de cáncer de pulmón, colorrectal y de próstata. (Vilaplana, 2007)

El contenido en selenio de la dieta está en relación directa con el contenido en la tierra de cultivo; por ello, suelos deficitarios provocan déficit de este elemento en la población, como es el caso de China. En ese caso, es de elección suplementar la dieta con aportes de selenio, preferiblemente en forma de selenometionina, que es la forma orgánica análoga de selenio, que incrementa fácilmente el nivel de selenio en sangre. (Vilaplana, 2007)

5. HIERRO

a) Propiedades biológicas

Aunque solo existe en pequeñas cantidades en los seres vivos, el hierro ha asumido un papel vital en el crecimiento y en la supervivencia de los mismos y es necesario no solo para lograr una adecuada oxigenación tisular sino también para el metabolismo de la mayor parte de las células.

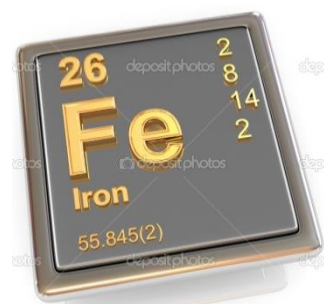


Figura N° 46: Símbolo químico del hierro

Imagen tomada del sitio
http://st.depositphotos.com/1001526/2588/i/950/depositphotos_25881379-Iron.-Chemical-element.jpg

En la actualidad con un incremento en el oxígeno atmosférico el hierro se encuentra en el medio ambiente casi exclusivamente en forma oxidada (o férrica Fe^{3+}) y en esta forma es poco utilizable.

En los adultos sanos el hierro corporal total es de unos 2 a 4 g (2,5 g en 71 kg de peso en la mujer ó 35 mg/kg) (a 4 g en 80 kg o 50 mg/kg en los varones). Se encuentra distribuido en dos formas: 70% como hierro funcional (2,8 de 4 g):

- Eritrocitos (65%).
- Tisular: mioglobinas (4%).
- Enzimas dependientes del hierro (hem y no hem): 1%

Estas son enzimas esenciales para la función de las mitocondrias y que controlan la oxidación intracelular (citocromos, oxidasas del citocromo, catalasas, peroxidasas). Transferrina (0,1%), la cual se encuentra normalmente saturada en 1/3 con hierro. La mayor atención con relación a este tipo de hierro se ha enfocado hacia el eritrón, ya que su estatus de hierro puede ser fácilmente medible y constituye la principal fracción del hierro corporal. 30% como hierro de depósito (1 g):

- Ferritina (2/3): Principal forma de depósito del hierro en los tejidos.
- Hemosiderina (1/3).
- Hemoglobina: Transporta el oxígeno a las células.
- Transferrina: Transporta el hierro a través del plasma.

Estudios recientes de disponibilidad del hierro de los alimentos han demostrado que el hierro del hem es bien absorbido, pero el hierro no hem se absorbe en general muy pobremente y este último, es el hierro que predomina en la dieta de gran cantidad de gente en el mundo.

- Hem: Como hemoglobina y mioglobina, presente principalmente en la carne y derivados.
- No hem. La absorción del hierro hem no es afectada por ningún factor; ni dietético, ni de secreción gastrointestinal. Se absorbe tal cual dentro del anillo porfirínico. El hierro es liberado dentro de las células de la mucosa por la HEM oxigenasa, enzima que abunda en las células intestinales del duodeno.

La absorción del hierro no hem, por el contrario se encuentra afectada por una gran cantidad de factores dietéticos y de secreción gastrointestinal que se analizarán posteriormente.

El hierro procedente de la dieta, especialmente el "no hem", es hierro férrico y debe ser convertido en hierro ferroso a nivel gástrico antes que ocurra su absorción en esta forma (hierro ferroso) a nivel duodenal principalmente.

Otros factores, independientes de la dieta que pueden influir en la absorción del hierro son:

- El tamaño del depósito de hierro que indica el estado de reserva de hierro de un individuo. Este es el principal mecanismo de control. Se encuentra influenciado por los depósitos de hierro y por lo tanto, por las necesidades corporales. Así, reservas aumentadas de hierro disminuyen su absorción. En este punto el factor más importante que influye en la absorción del hierro es el contenido de hierro en las células de la mucosa intestinal (ferritina local). Es el llamado “Bloqueo mucoso de Granick”.
- La eritropoyesis en la médula ósea: que es un estado dinámico de consumo o no de hierro corporal. Así, decae la absorción del hierro cuando disminuye la eritropoyesis. (Wikipedia)

La absorción del hierro en forma ferrosa tiene lugar en el duodeno y en el yeyuno superior, y requiere de un mecanismo activo que necesita energía. El hierro se une a glucoproteínas de superficie (o receptores específicos de la mucosa intestinal para el hierro), situadas en el borde en cepillo de las células intestinales. Luego se dirige al retículo endoplasmático rugoso y a los ribosomas libres (donde forma ferritina) y posteriormente a los vasos de la lámina propia. Como puede deducirse, la absorción del hierro es regulada por la mucosa intestinal, lo que impide que reservas excesivas de hierro se acumulen. La absorción del hierro depende también de la cantidad de esta proteína. (Wikipedia)

El hierro se encuentra en prácticamente todos los seres vivos y cumple numerosas y variadas funciones.

- Hay distintas proteínas que contienen el grupo hemo, que consiste en el ligando porfirina con un átomo de hierro. Algunos ejemplos:
 - La hemoglobina y la mioglobina; la primera transporta oxígeno, O_2 , y la segunda, lo almacena.
 - Los citocromos; los citocromos c catalizan la reducción de oxígeno a agua. Los citocromos P450 catalizan la oxidación de compuestos hidrofóbicos, como

fármacos o drogas, para que puedan ser excretados, y participan en la síntesis de distintas moléculas.

- Las peroxidases y catalasas catalizan la oxidación de peróxidos, H_2O_2 , que son tóxicos.
- Las proteínas de hierro/azufre (Fe/S) participan en procesos de transferencia de electrones.
- También se puede encontrar proteínas en donde átomos de hierro se enlazan entre sí a través de enlaces puente de oxígeno. Se denominan proteínas Fe-O-Fe. Algunos ejemplos:
 - Las bacterias metanotróficas, que emplean el metano, CH_4 , como fuente de energía y de carbono, usan proteínas de este tipo, llamadas monooxigenasas, para catalizar la oxidación de este metano.
 - La hemeritina transporta oxígeno en algunos organismos marinos.
 - Algunas ribonucleótido reductasas contienen hierro. Catalizan la formación de desoxinucleótidos.

Los animales para transportar el hierro dentro del cuerpo emplean unas proteínas llamadas transferrinas. Para almacenarlo, emplean la ferritina y la hemosiderina. El hierro entra en el organismo al ser absorbido en el intestino delgado y es transportado o almacenado por esas proteínas. La mayor parte del hierro se reutiliza y muy poco se excreta.

Tanto el exceso como el defecto de hierro, pueden provocar problemas en el organismo. El envenenamiento por hierro ocurre debido a la ingesta exagerada de éste (como suplemento en el tratamiento de anemias). La hemocromatosis corresponde a una enfermedad de origen genético, en la cual ocurre una excesiva absorción del hierro, el cual se deposita en el hígado, causando disfunción de éste y eventualmente llegando a la cirrosis hepática.

En las transfusiones de sangre, se emplean ligandos que forman con el hierro complejos de una alta estabilidad para evitar que quede demasiado hierro libre. Estos ligandos se conocen como sideróforos. Muchos microorganismos emplean

estos sideróforos para captar el hierro que necesitan. También se pueden emplear como antibióticos, pues no dejan hierro libre disponible. (Wikipedia, 2014)

b) Principales fuentes

La carne animal es la fuente más fácilmente disponible de hierro para los humanos, porque contiene heme, el cual siempre es bien absorbido y promueve la absorción de otro hierro dietario (no heme). Los alimentos vegetales a menudo son ricos en factores que hacen del hierro no heme menos disponible para la absorción. Todo el hierro no heme en un metal que es soluble en los jugos gástricos ingresa a un depósito común.

La promoción de la alimentación con leche materna es un elemento esencial de las intervenciones nutricionales durante la lactancia y la niñez temprana. Cualquier intento de suplir las necesidades de hierro adicionales con la introducción de alimentos complementarios debe asegurar que estos no reemplazan la leche materna disponible. Esto es especialmente importante en el segundo año de vida, el tiempo en que los requerimientos de hierro son los más altos. Las cantidades de alimentos complementarios consumidas pueden ser relativamente pequeñas.

Los alimentos ricos en hierro (más de 5 mg/100 g) son las vísceras, como hígado y corazón, levadura de cerveza, germen de trigo, yema de huevo, ostras y ciertas legumbres y frutas secas; los alimentos deficientes en hierro (menos de 1 mg/100 g) incluyen leche y productos lácteos y la mayoría de los vegetales no verdes.

El contenido de hierro en los alimentos es afectado por la forma de preparación, ya que puede ser agregado por contaminación con suciedad o por su cocción en recipientes de hierro. (Canaval, 2012)

Cuadro N° 18: Alimentos ricos en hierro

Alimento	Contenido expresado en mg /100 g
Sangre cocida de pollo	29,5
Baso de res	28,7
Sangre cruda de pollo	27,3

Relleno	16,9
Cañihua parda	15,0
Cañihua gris	13,0
Habas seca	13,0
Machica de cebada	12,3
Cebada con cáscara	12,0
Cañihua amarilla	10,8
Frijol chiclayo	9,8
Frijol amarillo	9,7
Morón de cebada	9,3
Hígado de pollo	8,56
Garbanzo	8,3
Harina de habas	8,0
Lentejas chicas	7,6
Nuzive	7,5
Riñón de res	6,8
Pulmón de res	6,5
Pulmón de carnero	6,2
Salchicha de Huacho	5,5
Hígado de res	5,4
Riñón de cerdo	5,2
Huevo de pata	4,7
Huevo de gallina	4,3
Queso de chanco	4,2
Riñón de carnero	4,1
Carne de carnero	3,9
Harina de plátano	3,9
Carne de pavo	3,8
Almendras	3,72
Corazón de res	3,6
Semillas de cacao	3,6
Chorizo	3,41
Pulmón de carnero	3,4
Carne de res	3,4
Avellanas	3,3
Patatas de cerdo	3,0
Maracuyá	3,0

Fuente: Instituto Nacional de Salud (2009). La ingesta recomendada del hierro para un adulto se sitúa entre 8 mg/día para las mujeres y 11 mg/día para los hombres.

c) Capacidad antioxidante

Forma parte del sistema antioxidante del organismo, ya que contribuye a eliminar grupos peróxidos. Sin embargo, su capacidad de cambiar de valencia fácilmente ($2^+/3^+$) hace que pueda también intervenir, dependiendo del medio, en la formación de radicales libres. (Vilaplana, 2007).

Conclusiones

Capítulo III

El capítulo III comprende el estudio de los antioxidantes naturales presentes en los alimentos.

Los primeros antioxidantes descubiertos y estudiados fueron las vitaminas, principalmente la vitamina E, constituida por un sistema de 8 tocoferoles y tocotrienoles, de naturaleza liposoluble, siendo los principales α - tocoferol, β - tocoferol, γ -tocoferol y δ -tocoferol. Entre las principales fuentes de vitamina E tenemos el aceite de girasol con 55 mg/ 100 g, seguido del aceite de maíz con 31 mg/100 g, siendo la cantidad recomendada de 8-10 mg/ por día. Su actividad antioxidante se centra concretamente en la inhibición de la peroxidación lipídica causada por los radicales libres, que ocurre en los fosfolípidos de la membrana celular, lipoproteínas, tejido adiposo, cerebro y en todo los tejidos que contengan una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados.

La vitamina C o ácido ascórbico tiene propiedades antioxidantes y solubles en agua. Los principales alimentos con riqueza en esta vitamina son las frutas y hortalizas frescas y crudas, siendo el camu camu el principal alimento rico en esta vitamina con 2780 mg/100 g, seguido del kiwi con 800 mg/100 g y la guayaba con 480 mg/100 g. Su capacidad antioxidante está relacionada con su capacidad de inhibir la proliferación de nitrosaminas, interviene proporcionando electrones a compuestos tanto en el interior de la célula como en el exterior, actuando junto a la vitamina E en la prevención de la oxidación lipídica. Pero es muy sensible a la luz, la temperatura y al oxígeno.

La vitamina A o retinol, es una vitamina liposoluble que interviene en la formación y mantenimiento de las células epiteliales, en el crecimiento óseo, el desarrollo, protección y regulación de la piel y de las mucosas. La principal fuente de vitamina A son las vísceras de animales con 5800 ug/100 g, mientras que la zanahoria contiene 2000 ug/100 g seguido del perejil y las espinacas con 1160 y 1000 ug/100 g respectivamente.

Los carotenoides integradas por carotenos y xantofilas son una clase de pigmentos terpenoides cuya coloración varía entre el amarillo (β -caroteno) y el rojo (licopeno). El carotenoide más conocido es el β -caroteno, que se convierte en el intestino en dos moléculas de vitamina A. Entre las fuentes de β -caroteno tenemos a la zanahoria con 779 ug/100 g. En tanto el tomate es el alimento con mayor contenido de licopeno, principalmente frito con 25 ug/100 g. En cuanto a las xantofilas, el más abundante es la luteína o zeaxantina, cuyo principal fuente lo constituye el maíz con 88 ug/100 g.

El otro grupo importante de los antioxidantes lo constituyen los polifenoles o compuestos fenólicos, siendo los flavonoides los principales polifenoles. Los flavonoides se caracterizan por tener un elevado poder antioxidante, que favorecen la función de la vitamina C, mejorando su absorción y protegiéndola de la oxidación. Los flavonoides se clasifican en flavanas, flavonas, flavononas y flavonoles. Las principales fuentes de flavonoides son las plantas verdes, té verde, soya, cuya utilidad está ampliamente demostrada, como sus efectos benéficos a nivel de los vasos sanguíneos, efectos anti-inflamatorias, desórdenes cardiovasculares y en la prevención del cáncer.

Forman parte también de los polifenoles, los lignanos, estilbenos, resveratrol, xantonas, ácido hidroxicianámico, ácido hidroxibenzoico o salicílico y los taninos.

Los antioxidantes, también se encuentran dentro de nuestro organismo, que son sintetizados como un mecanismo de defensa contra agentes externos y oxidantes. Dentro de este grupo tenemos a la ubiquinona o coenzima Q, el glutatión y el ácido lipoico. Es importante señalar también a los minerales que cumplen una función importante en los procesos metabólicos de los organismos, tales como el como el manganeso, selenio, cobre, cinc y hierro.

PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Qué relación existe entre la presencia de pigmentos naturales en los productos vegetales y su capacidad antioxidante?
2. ¿La capacidad antioxidante de los alimentos será mayor que la capacidad antioxidante de la sustancias producidas por el organismo?

3. ¿La capacidad antioxidante de los productos vegetales es afectada por el tratamiento térmico sometido a los productos?

Capítulo IV

Los Antioxidantes Sintéticos

SUPLEMENTOS CON ANTIOXIDANTES

El 10-20% de la población adulta de Estados Unidos y Europa consume suplementos con antioxidantes, pero se debe ser prudente acerca de la recomendación en el consumo de éstos. Se ha descubierto que el consumo de suplementos de β -caroteno, vitamina A y vitamina E podría no sólo no ser beneficioso, sino además aumentar la mortalidad, según un estudio que ha recopilado y evaluado decenas de investigaciones publicadas sobre los efectos de los suplementos antioxidantes. Esta meta análisis, realizado por el Grupo Cochrane Hepato-Biliar del Hospital de la Universidad de Copenhague publicado en febrero de 2007 en la revista médica JAMA, se basa en el análisis de 68 investigaciones muy variadas, en las que participaron 232.606 personas (recogidas en 385 publicaciones). En 2004, este mismo grupo evaluó la relación entre el consumo de suplementos antioxidantes y la aparición de cáncer gastrointestinal. (Vilaplana, 2007)

El estudio fue publicado en *Lancety* no se encontraron evidencias de capacidad preventiva alguna, sino que los suplementos antioxidantes parecían aumentarla mortalidad global. (Vilaplana, 2007)

El trabajo de 2007 ya no busca conocer el efecto de los suplementos antioxidantes en un tipo de cáncer, sino el efecto antioxidante en general. En concreto, el uso de β -caroteno, de vitamina A y de vitamina E apareció asociado respectivamente a un 7, un 16 y un 4% de aumento de riesgo de mortalidad. En cambio, no se halló más riesgo de mortalidad, pero tampoco efectos beneficiosos asociados al uso de vitamina C ni del selenio.

Por tanto, vemos que el β -caroteno, la vitamina A y la vitamina E, tomados solos o en combinación con otros suplementos antioxidantes, aumentan la mortalidad de forma

significativa. No hay evidencia de que la vitamina C aumente la longevidad. El selenio tendió a reducir la mortalidad, pero hacen falta más estudios que lo confirmen. Según este estudio, no es recomendable tomar β -caroteno, vitamina A ni vitamina E con fines preventivos, ya que estos tres suplementos antioxidantes podrían aumentar la mortalidad. (Vilaplana, 2007)

Algunos investigadores más escépticos afirman que, aunque es cierto que una dieta rica en vegetales resulta protectora frente al riesgo cardiovascular o determinados cánceres, en realidad no se puede vincular esa protección de la dieta a algún compuesto concreto, ni siquiera los antioxidantes.

Sí debemos afirmar que se recomienda tomar durante toda la vida, a dosis fisiológicas y a través de la dieta, todos los antioxidantes necesarios y no tomarlos a dosis farmacológicas y a través de preparados farmacéuticos tan sólo durante ciertas etapas de la vida. Aunque no son frecuentes las intoxicaciones por exceso de antioxidantes, el consumo de suplementos vitamínicos puede tener consecuencias negativas.

A pesar de los posibles efectos secundarios, se dan varias situaciones en las que puede ser necesario tomar más cantidad de antioxidantes por una mayor producción de radicales libres: ancianos, deportistas, presentan ciertas enfermedades, etc. De todas formas, a las personas que deciden tomar algún suplemento se les aconseja que elijan siempre los de origen natural: polen, algas o ginseng, antes que concentrados vitamínicos en cápsulas. No hay que olvidar recomendar a todo el mundo el seguimiento de una dieta equilibrada. Si hay que destacar algún alimento especialmente rico en antioxidantes, haremos referencia al aceite de oliva o al perejil. (Vilaplana, 2007)

Conclusiones

Capítulo IV

El capítulo IV comprende el análisis de los antioxidantes sintéticos, que usualmente son usados como suplementos vitamínicos, cuyo consumo debe ser de manera responsable y prudente. Existen estudios que demuestran que el consumo de suplementos antioxidantes como vitamina A y E, no siempre son beneficiosos, llegando en algunos casos a provocar la muerte. Por ello debemos priorizar siempre el consumo de productos naturales, en dosis adecuada y a través de la dieta diaria.

Debemos afirmar que se recomienda tomar durante toda la vida, a dosis fisiológicas y a través de la dieta, todos los antioxidantes necesarios y no tomarlos a dosis farmacológicas y a través de preparados farmacéuticos tan solo durante ciertas etapas de la vida. Aunque no son frecuentes las intoxicaciones por exceso de antioxidantes, el consumo de suplementos vitamínicos puede tener consecuencias negativas.

PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Los suplementos vitamínicos extraídos de productos vegetales tendrán efectos nocivos en el organismo humano cuando se excede su consumo?
2. ¿Qué tan seguro puede ser consumo de suplementos vitamínicos?

Capítulo V

Los Antioxidantes y su Importancia en la Salud Humana

1. ESTRÉS OXIDATIVO

El estrés oxidativo (EO) se refiere a aquella condición biológica en la cual existe un “desbalance” a favor de la velocidad con que se generan los RL (y otras especies oxidantes), respecto

a la velocidad con que dichas especies son removidas del organismo mediante diversos mecanismos de defensa antioxidante. (Speisky, 2006)

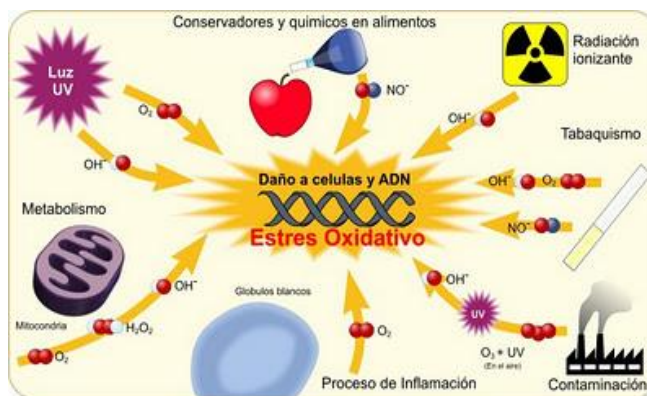


Figura N° 47: Factores del estrés oxidativo

Imagen tomada del sitio
<http://institutovalencianoodeozonoterapia.com/wp-content/uploads/2013/04/factores-que-incrementan-estres-oxidativo-ozonoterapia-valencia-ivot.jpg>

2. PRINCIPALES MECANISMOS DE DEFENSA ANTIOXIDANTE

En nuestro organismo es posible distinguir dos grandes mecanismos de acción antioxidante. El primero es enzimático y depende de la presencia de un conjunto de proteínas cuya actividad previene la formación y/o favorece la remoción de RL de especies pro – oxidantes. Dicho mecanismo comprende, a su vez, algunas enzimas antioxidantes que posibilitan la “reparación” de los sustratos biológicos ya oxidados. Ejemplos de enzimas antioxidantes son: la glutatión peroxidasa (Se – dependiente), la catalasa (Fe – dependiente) y la superóxidodismutasa (Cu / Zn – dependiente). Si bien los alimentos no constituyen un aporte de dichas enzimas, ya que estas se degradan durante el proceso de digestión, éstos si contribuyen a través del aporte de los microminerales requeridos para la biosíntesis de tales enzimas. El segundo mecanismo de defensa antioxidante es no enzimático y

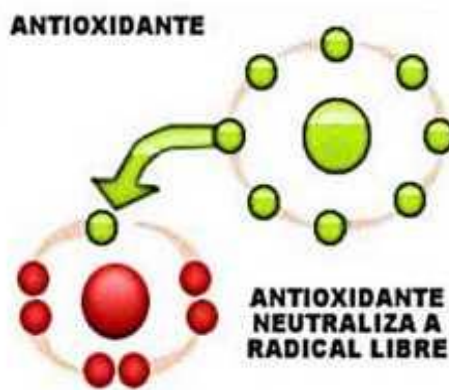


Figura N° 48: Mecanismo del antioxidante

Imagen tomada del sitio
<http://trabajoenredes.com/images/Radicales-Libres.png>

comprende un conjunto de moléculas cuya acción es ejercida, fundamentalmente a través de su interacción directa con los RL y las especies pro oxidantes. Dicha interacción previene el inicio y/o la propagación de procesos oxidativos (ejemplo, lipoperoxidación, proteo-oxidación y daño oxidativo al ADN). Si bien el organismo puede biosintetizar algunas moléculas AOX, tan importantes como el glutatión (tripéptido) y el ácido úrico, la mayor parte de las moléculas que constituyen la defensa antioxidante no-enzimática proviene de nuestra dieta. Entre estos últimos es posible distinguir aquellos AOX que, desde un punto de vista nutricional son esenciales (es decir, cuya no – ingesta genera un cuadro carencial), como son las vitaminas C (ácido ascórbico) y E (α -tocoferol), y aquellos que, sin ser esenciales, son reconocidamente importantes en cuanto a su aporte a la defensa antioxidante del organismo. El principal grupo de AOX dietarios no - esenciales está constituido por los polifenoles, un conjunto de moléculas que tienen en común la presencia en sus estructuras de más de una función hidroxilo fenólica. Tal característica confiere a dichos compuestos una alta habilidad para reaccionar en forma directa con RL como superóxido e hidroxilo (la especie más reactiva hacia sustratos biológicos). Junto a los polifenoles, algunos alimentos contribuyen también aportando compuestos AOX de naturaleza no – fenólica (como carotenos y ciertos sulfa-derivados). (Speisky, 2006)

3. IMPORTANCIA DE LOS ANTIOXIDANTES

Si bien el estrés oxidativo no constituye como tal una enfermedad, de ser significativo en magnitud y sostenido en el tiempo, éste puede dar cuenta del inicio y de la progresión de un importante número de patologías. Se considera que el EO es de particular importancia en la génesis y/o agravamiento de enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT), entre las que se incluyen patologías cardiovasculares (como arterioesclerosis e isquemia al miocardio), tumorales (incluyéndose diversos tipos de cáncer), inflamatorias (como artritis y colitis ulcerosa), neurodegenerativas (como Alzheimer y Parkinson) y otras patologías de etiología mixta como son el SIDA y la diabetes mellitus. El reconocimiento del rol que tiene el EO en el desarrollo de las mencionadas patologías ha constituido la base para suponer que la ingesta o consumo sostenido de AOX debería incidir en forma importante en su prevención. (Speisky, 2006)

La evidencia clínica del beneficio que pueda suponer la administración de ciertos AOX en el tratamiento de individuos afectados por estas patologías es aún incipiente y controversial. Sin embargo, la importancia que tienen los antioxidantes dietarios en salud humana encuentra ya su gran respaldo en la evidencia epidemiológica de que “existen correlaciones inversas y significativas entre un menor riesgo relativo de desarrollo y/o muerte por ciertas ECNT y un mayor consumo de alimentos ricos en compuestos antioxidantes (como son los polifenoles y las vitaminas antioxidantes C y E). (Speisky, 2006)

De acuerdo a diversos estudios epidemiológicos, poblaciones que presentan un alto consumo de frutas y hortalizas exhiben, relativo a poblaciones que tienen un bajo consumo de dichos alimentos un riesgo notablemente menor de desarrollar algunas de las patologías crónicas anteriormente referidas. Por ejemplo, en un estudio recientemente realizado en Finlandia sobre una población de hombres de mediana edad, se observó que a lo largo de un período de 15 años de seguimiento, el grupo (quintil) de individuos que consumió frutas, berries y hortalizas en el rango de 298 a 408 g por día acumuló una tasa de mortalidad (por todas las causas) menor al 50% de aquella presentada por el grupo cuyo consumo fue inferior a 133 g por día. Tales resultados son coherentes con el impulso que diversas agencias internacionales de salud (OMS, OPS, FAO) han dado a la recomendación de ingerir 5 o más porciones de frutas y hortalizas por día. Así como en diversos países, también en Chile existe un creciente apoyo a la iniciativa de promover la ingesta de dicho tipo de alimentos (MINSAL, MINAGRO, INTA). Si bien las frutas y las hortalizas constituyen una excelente fuente de vitaminas, fibras y microminerales, los beneficios para la salud asociados a su mayor consumo han sido atribuidos, fundamentalmente, a la abundante presencia en dichos alimentos de un grupo de compuestos fitoquímicos reconocidamente activos como antioxidantes. La hipótesis prevalente que vincula los efectos “protectores de la salud” con el mayor consumo de frutas y hortalizas reside en el postulado de que “la ingesta continua” de los compuestos antioxidantes presentes en dichos alimentos contribuiría en forma sustancial a la defensa antioxidante contra el estrés oxidativo que de otra manera conduciría al desarrollo de las ECNT mencionadas. (Speisky, 2006)

Al respecto, cabe destacar que la “protección” asociada al consumo de alimentos ricos en antioxidantes demanda que dicho consumo sea habitual (diario en lo posible), abundante (superior a 300 g/día), y variado (en cuanto a la composición). Respecto a esto último, la caracterización de las propiedades de antioxidantes de las frutas, hortalizas y productos elaborados que nuestro país crecientemente incorpora a los mercados (local e internacional) constituye no solo una necesidad, sino también una “oportunidad de diferenciación”. Un ejemplo claro al respecto lo constituye el impulso que sobre su comercialización y consumo ha significado el reconocimiento que sucedió a la caracterización del alto contenido antioxidante que presentan ciertos vino chilenos. (Speisky, 2006)

Si bien existen antecedentes que relacionan claramente el contenido antioxidante de ciertos alimentos con el beneficio para la salud que suponen su consumo, cabe destacar el caso de los berries. Se ha demostrado que el consumo de berries reconocidos como frutos que concentran más antioxidantes por peso fresco, redundan en un aumento del estatus antioxidante del plasma y en menor riesgo relativo de oxidación de lipoproteínas de baja densidad (LDL). Tales efectos suponen – en el largo plazo – una reducida formación de ateromas (endurecimiento de la pared interna de arterias por acumulación de LDL – oxidada) y por ende, un menor riesgo de desarrollo de patologías cardiovasculares. Del mismo modo, el alto contenido de cierto tipo de polifenoles en estos frutos ha permitido demostrar la importancia de su consumo (o de productos en base a estos) en la prevención y/o reducción del riesgo de desarrollo de infecciones urinarias, de ciertos tipos de cáncer (esófago y colon) y de enfermedades neuro-degenerativas como Alzheimer. (Speisky, 2006)

Ciertamente, los beneficios mencionados reflejan el actual conocimiento existente en torno a los berries y bajo ningún punto de vista está restringidos sólo al consumo de tales frutos. En efecto, en forma frecuente y creciente surgen nuevos antecedentes científicos que partir del reconocimiento de su alto contenido en antioxidantes avalan la potencial importancia del consumo de ciertas frutas (como manzanas, pomelos, ciruelas, granadas), hortalizas (como pimientos, espinacas, papas) y especias (como romero, orégano, tomillo), como un modo de reducir el riesgo de desarrollo de ECNT. (Speisky, 2006)

La oferta de alimentos, en la actualidad, no tiene precedentes, los hay de todos tipos y precios. Sin embargo, los que realmente marcarán la diferencia y no ayudarán a tener una mejor calidad de vida, están más cerca de lo que usted piensa. (Speisky, 2006)

4. EFECTO DE LOS RADICALES LIBRES

En el momento en que los antioxidantes no son capaces de detener a los radicales libres, se producen daños sobre las grasas, las proteínas y los genes. Si hacemos referencia a la oxidación de las grasas, se ha comprobado que el cLDL oxidado se adhiere más fácilmente a las paredes de los vasos sanguíneos, con lo que aumenta el riesgo cardiovascular. Si las células de los vasos sanguíneos se ven afectadas por los radicales libres, se originan alteraciones vasculares que también aumentan el riesgo cardiovascular. Si la afectación de los radicales libres se produce en los genes, se incrementa el riesgo de tumores. Si la afectación es sobre las proteínas, los efectos se plasman en deterioro y muerte celular, asociados al proceso de envejecimiento y a un mayor riesgo de enfermedades degenerativas que inciden en el sistema nervioso, como la enfermedad de Parkinson. (Vilaplana, 2007).

La capacidad del cuerpo humano para prevenir diversas enfermedades y dolencias crónicas depende en gran medida de su habilidad para combatir los efectos nocivos asociados a una sobreproducción de radicales libres. Las investigaciones científicas más recientes confirman que dicha habilidad depende en forma directa de la cantidad y naturaleza de los alimentos que decidimos ingerir. Si bien nuestra época se caracteriza por la abundancia de conocimientos en muchas materias, a menudo desconocemos las propiedades de los alimentos que ingerimos a diario. En ese sentido, los antioxidantes presentes en ciertos alimentos cumplen una función determinante en la protección de la salud humana. (Vilaplana, 2007).

5. RADICALES LIBRES, ANTIOXIDANTES Y ESTRÉS OXIDATIVO

Los radicales libres (RL) representan cualquier especie química (átomo o molécula) que contenga uno o más electrones desapareados en su orbital más externo, y que sea capaz de existir en forma independiente (de ahí el término libre). Los radicales libres se generan en el organismo bajo condiciones normales (esto es en ausencia de enfermedades), principalmente como resultado de la utilización celular del oxígeno que

respiramos. En efecto, aproximadamente un 2-3% de dicho oxígeno experimenta una reacción de reducción (captación de un electrón) conducente a la formación del radical libre superóxido, el cual, junto al radical óxido nítrico (NO), constituye la mayor especie generada por el organismo. Adicionalmente, se producen RL en respuesta a la exposición del organismo a: productos químicos (como son ciertos solventes orgánicos, insecticidas, pesticidas, metales pesados, fármacos), humo de tabaco, radiaciones (UV, X), contaminación atmosférica (ciertos gases de nitrógeno y de azufre), y alimentos que presentan alto grado de rancidez oxidativa. En virtud de la reactividad química o habilidad que poseen los RL para interactuar con sustratos biológicos oxidables (como lípidos, proteínas y ADN) presentes en su entorno, los RL son capaces de alterar las propiedades estructurales y funcionales de dichos sustratos. Ahora bien, los antioxidantes (AOX) son moléculas que se contraponen al daño oxidativo inducido por los radicales libres. (Vilaplana, 2007).

6. ALIMENTACIÓN CONTRA EL ENVEJECIMIENTO

El envejecimiento es consustancial al ser humano y, sin embargo, aún se desconoce por qué se produce. Se han elaborado diversas teorías que intentan explicarlos mecanismos involucrados en el proceso de envejecimiento. Una de ellas se conoce con el nombre de ‘teoría de los radicales libres o del estrés oxidativo’. Se basa en un fenómeno común en nuestras células. Ante la presencia de oxígeno se generan reacciones de oxidación, que a su vez crean los llamados radicales libres, agentes oxidantes que causan deterioro celular.

Se sabe que la acumulación de radicales libres en nuestro cuerpo produce alteraciones de la función celular que causan su muerte. Para paliar sus efectos nocivos, las células disponen de sus propios mecanismos; en concreto, de sistemas enzimáticos que actúan como defensas antioxidantes. Conforme envejecemos, su capacidad de protección disminuye, por lo que los radicales libres superan la capacidad de nuestro cuerpo para frenar sus efectos. Esto explica que cuando se envejece, además de que cambia nuestro aspecto físico –nos salen arrugas y manchas en la piel-, se da un deterioro progresivo de nuestros órganos y sistemas, lo que se traduce en más casos de diabetes, alteraciones cardiovasculares, cánceres, etc. No obstante, al margen de la edad, hay que considerar otros factores como el tabaco, el abuso de alcohol, las infecciones y enfermedades, el

estrés, la exposición a rayos solares sin protección, las dietas demasiado energéticas o desequilibradas, la contaminación ambiental, el ejercicio intenso, etc. (“Alimentación contra el envejecimiento”, Bienestar de los antioxidantes).

7. PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES CON LOS ANTIOXIDANTES

Cuando los antioxidantes no son capaces de frenar a los radicales libres se producen daños sobre las grasas, las proteínas y los genes. Se ha constatado que si el llamado mal colesterol o LDL-c se oxida, es más fácil que se adhiera a las paredes de los vasos sanguíneos, aumentando el riesgo cardiovascular. Si las células de los vasos sanguíneos se ven afectadas por los radicales libres, se originan alteraciones vasculares que también aumentan el riesgo cardiovascular. Cuando los radicales libres actúan sobre los genes, se incrementa el riesgo de tumores, y cuando afectan a las proteínas, los efectos se plasman en deterioro y muerte celular, asociados al proceso de envejecimiento y a un mayor riesgo de enfermedades degenerativas que inciden en el sistema nervioso, como el Parkinson. Lo que hacen los antioxidantes es frenar las reacciones de oxidación en las células a partir de las que se originan los nocivos radicales libres. Por tanto, su papel es clave en la reducción de enfermedades cardiovasculares, de tumores, y de enfermedades neurodegenerativas, al tiempo que potencian el sistema inmunológico. (“Alimentación contra el envejecimiento”, Bienestar de los antioxidantes).

8. DOSIS ADECUADA DE ANTIOXIDANTES

Se requieren más estudios para determinar cuáles la dosis segura de antioxidantes. Los expertos aconsejan la inclusión en una dieta equilibrada de alimentos que aportan antioxidantes y un estilo de vida sano más que recurrir a complementos o a alimentos enriquecidos. Disponemos de alimentos que en sí mismos contienen antioxidantes y otras sustancias que incluso potencian su acción. Por ejemplo, en los cítricos, además de vitamina C, hay ácido cítrico, una sustancia que aumenta su acción antioxidante, lo que por lo general no se contempla en alimentos enriquecidos y complementos. (“Alimentación contra el envejecimiento”, Bienestar de los antioxidantes).

Por otro lado, se ha comprobado que dosis excesivas de antioxidantes originan efectos dañinos. Así, el abuso de vitamina C puede provocar diarreas; dosis elevadas de vitamina E causan conjuntivitis, daños en las mucosas e incluso mayor fragilidad de huesos. Una sobredosis de selenio se asocia a caída del cabello, alteración de uñas y dientes... Es más fácil sobrepasar la cantidad de antioxidantes con pastillas y similares que con el consumo de alimentos que los contienen de manera natural, de ahí que se insista en la recomendación de recurrir al consejo profesional antes que tomarlos por cuenta propia. En casos concretos en los que se sabe que la producción de radicales libres está por encima de los niveles habituales -deportistas de élite, fumadores, etc.- también es preciso que un experto valore la dosis extra y segura de antioxidantes, ya sea por medio de un mayor consumo de alimentos comunes, del empleo de alimentos enriquecidos o de complementos.

9. REQUERIMIENTO DE ANTIOXIDANTES

Todos necesitamos antioxidantes provenientes de la dieta, a pesar de que nuestro cuerpo dispone de sus propias defensas. De hecho, parte de esos sistemas de protección precisan de los antioxidantes de los alimentos para realizar su función y dependen de ellos para frenar a los radicales libres. No obstante, no se trata de consumir la mayor cantidad posible de antioxidantes, sino de tomar la dosis adecuada. Además, dado que hay factores que favorecen la producción de radicales libres, conviene mejorar la alimentación y cuidar el estilo de vida, si lo que se desea es envejecer saludablemente y ayudar a prevenir enfermedades.

Conclusiones

Capítulo V

El capítulo V trata sobre la importancia de los antioxidantes en la salud humana, abordando primeramente los términos relacionadas al proceso oxidativo, resaltando términos como los radicales libres y el estrés oxidativo. Se enfoca el proceso de generación de radicales libres, sus factores de producción internas y externas, que son causantes de las enfermedades crónicas no transmisibles, haciendo referencia a su prevención mediante el consumo de dosis adecuadas de antioxidantes.

En este capítulo se explica además la teoría del envejecimiento celular, por acción de los radicales libres y la importancia fundamental de contrarrestarla para prevenir diversas enfermedades que provocan la degeneración y muerte celular.

PREGUNTAS DE REFLEXIÓN

1. ¿Qué relación existe entre los radicales libres y el estrés oxidativo?
2. ¿Qué dosis de antioxidantes serían apropiadas para el organismo humano?
3. ¿Existirá métodos que permiten cuantificar el estrés oxidativo?

Bibliografía

- Artículo Digital. (2010). *Alimentación contra el envejecimiento - Bienestar de los antioxidantes*,
- Bing H, (2008). Optimization of Fabrication Parameters To Produce Chitosan-Triphosphate Nanoparticles for Delivery of Tea Catechins" Journal of Agricultural and Food Chemistry.
- Bueno M. (2010). Instituto de Medicina Biológica y Anti envejecimiento. 2010.
- Canaval H.; Perez H.; Rincon D.; Vargas J. (2012). Farmacología del Hierro. Anemia Working Group Latin América. Universidad Nacional de Colombia.
- Cobos I. (2010). *Ácido Alfa Lipoico*. Resumen de acciones y documentación. Departamento Técnico de Lamberts Española S.L.
- Escamilla C., Cuevas E., Guevara J (2009). *Flavonoides y sus acciones antioxidantes*. Revista Medigraphic Artemisa en línea. Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de México.
- Garzón G. (2008). *Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión*. Universidad Nacional de Colombia.
- Instituto Nacional de Salud – Centro Nacional de Alimentación y Nutrición (2009). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Lima.
- Jeffé W. (1992). *Selenio, un elemento esencial y tóxico*. Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Caracas – Venezuela.
- Martínez A. (2005). *Flavonoides*. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Setiembre 2005.
- Martínez A. (2003). *Carotenoides*. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Setiembre 2003.

- Millán F.; Serrana G.; Expósito I. (2008). *Resveratrol. Nuevos retos en el tratamiento antienvjecimiento*. Hospital Armau de Vilanova. Sesderma Laboratorios Valencia. España. 2008.
- Mínguez M; Gálvez A; Hornero D. (2010) *Pigmentos carotenoides en frutas y vegetales; mucho más que simples “colorantes” naturales*. Departamento de Biotecnología de Alimentos. Instituto de la Grasa (CSIC). Sevilla.
- Paredes G. (2007). *Alimentos funcionales: Flavonoides e Isoflavonas*. Artículo de conferencia magistral. Universidad Peruana Unión.
- Revista Digital N° 18. (2014) *Alimentación contra el envejecimiento*, Bienestar de los Antioxidantes.
- Revista Salud y Nutrición (2011). *Antecedentes sobre los lignanos. La linaza, un producto premier*.
- Rezende L., Alves C.; David J., David J., (2010) *Novos Flavonóides do Caule de Cratylia Mollis (Leguminosae). Instituto de Química, 2Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil*.
- Rubio C.; Gonzales W.; Martín – Izquierdo R, Revert C. et al. (2007). *El zinc: oligoelemento esencial*. Serie alimentos funcionales. Universidad de Laguna. España.
- Salazar A. (2006). *Isoflavonas de soya contra osteoporosis, cáncer de mama y síntomas de la menopausia*. Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad de las Américas, Puebla. México.
- Speisky H. (2006). *Antioxidantes fundamentales para la Salud*. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos de la Universidad de Chile. Editorial Indualimentos.
- Vilaplana M. (2007). *Antioxidantes presentes en los alimentos*. Revista Digital del Ámbito Farmacéutico – Nutrición – Vol. 26 Núm. 10.

LINKGRAFIA

1. <http://clinicacentrogranada.blogspot.com/2012/01/normal-0-21-false-false-false-es-ja-x.html>
2. <http://www.slideshare.net/annycordoba37/oxidacion-delipidos>
3. <http://www.alimentos-vitaminas.com/alimentos-vitamina-e.html>
4. <http://es.paperblog.com/la-vitamina-e-la-vitamina-del-sexo-74839/>
5. <http://es.wikipedia.org/wiki/Selenio>
6. <http://es.wikipedia.org/wiki/Hierro>
7. <http://es.wikipedia.org/wiki/Lignano>

LINKGRAFIA DE IMÁGENES

1. <http://www.elecodetlaltenango.com/wp-content/uploads/2013/01/frutas-y-verduras-6.jpg>
2. <http://inatal.org/images/noticias/Aceite-oliva.jpg>
3. <http://cde.trome.e3.pe/98//ima/0/0/6/1/5/615285.jpg>
4. <http://www.yung.es/wp-content/uploads/2013/05/vitamina-e.jpeg>
5. <http://www.sentirtemejor.com/wp-content/uploads/2012/03/vitamina-e.jpeg>
6. http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/88/Bright_red_tomato_and_cross_section02.jpg
7. <http://us.cdn4.123rf.com/168nwm/molekuul/molekuul1404/molekuul140400097/27686142-mol-cula-flavonoide-quercetina-se-encuentra-en-muchas-plantas-puede-ser-beneficioso-en-la-terapia-an.jpg>
8. <http://www.vidanaturalia.com/wp-content/uploads/2014/05/Zinc-alimentos-funciones-y-suplementos-vidanaturalia.jpg>
9. <http://us.123rf.com/400wm/400/400/fambros/fambros1005/fambros100500063/6973632-cobre-forma-tabla-peria-dica-de-los-elementos--board--3d-hecha-de-madera.jpg>
10. <http://imagen.pixmac.es/4/tabla-periodica-de-los-elementos-de-manganeso-pixmac-imagen-82207919.jpg>
11. <http://static.commentcamarche.net/salud.kioskea.net/faq/images/0-EY7YtOPi-selenium-s-.png>
12. Imagen tomada del sitio

13. http://st.depositphotos.com/1001526/2588/i/950/depositphotos_25881379-Iron.-Chemical-element..jpg
14. <http://institutovalencianodeozonoterapia.com/wp-content/uploads/2013/04/factores-que-incrementan-estres-oxidativo-ozonoterapia-valencia-ivot.jpg>
15. <http://trabajoenredes.com/images/Radicales-Libres.png>